This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 426893 DUPL

ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1895

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1895

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1895

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1895

N° 7

Sommaire des séances du mois de juillet 1895.

1° *Transmissions de mouvement par câbles et par courroies* (Etude comparative des), par M. V. Dubreuil (Séance du 21 juin), observations de M. D.-A. Casalonga (Séance du 5 juillet), page 6;

2° *Décès* de MM. E. Laigle, A. Marchegay, A. Robin, J.-L.-A. Noblot (Séances des 5 et 19 juillet), pages 6 et 20;

3° *Nomination de Membres du Jury de la Section française à l'Exposition internationale d'Amsterdam en 1895* (Séance du 5 juillet), page 6;

4° *Récompenses et Prix décernés par la Société d'Encouragement à des membres de la Société* (Séance du 5 juillet), page 7;

5° *Jauge métrique en Amérique.* (Lettre de M. Egleston au sujet de l'adoption d'une) (Séance du 5 juillet), page 7;

6° *Congrès d'assainissement et de salubrité, à Paris* (Invitation d'assister au) (Séance du 5 juillet), page 8;

7° *Congrès de l'Iron and Steel Institute, à Londres* (Invitation d'y assister et nomination d'un délégué (Séance du 5 juillet), page 8;

8° *Concours pour la nomination d'un chef d'atelier d'ajustage à l'École d'Arts et Métiers d'Angers et d'un chef d'atelier de fonderie à l'École d'Aix* (Séance du 5 juillet), page 8;

163392

9° *Concours des voitures automobiles* (Compte rendu du), par M. G. Collin et observations de MM. J. Fleury et R. Varennes (Séance du 5 juillet), page 8;

10° *Traction mécanique des tramways par le système Serpollet* (La), par M. G. Lesourd (Séance du 5 juillet), page 12;

11° *Traction mécanique des tramways* (Suite de la discussion sur la), par MM. Lencauchez, E. de Marchena, D.-A. Casalonga, L. Rey, G. Lesourd (Séance du 5 juillet), page 15;

12° *Décorations* (Séance du 19 juillet), page 20;

13° *Nomination de M. Auguste Neveu, comme Secrétaire-Archiviste de l'Association amicale des anciens Elèves de l'Ecole Centrale* (Séance du 19 juillet), page 21;

14° *Nomination de Membres du Jury à l'Exposition de Bordeaux* (Séance du 19 juillet), page 27;

15° *Don volontaire de 50 francs fait par M. Schertzer* (Séance du 19 juillet), page 21;

16° *Don fait à la Société, d'une collection de vingt-trois années du Bulletin de la Société*, par M. A. Brocchi (Séance 19 juillet), page 21;

17° *Monographie de l'Exposition universelle de 1889* (2e partie), présentée par M. J. Charton (Séance du 19 juillet), page 21;

18° *Acide carbonique liquide* (Explosion récente, à Paris, d'un récipient d'), par M. S. Périssé; observations de MM. L. Rey, Carimantrand, Bodin, J. Charton, Béliard, P. Regnard (Séance du 19 juillet), page 22;

19° *Application de l'électricité à l'organisation des services mécaniques de l'Exposition universelle de 1900*, par M. G. Dumont (Séance du 19 juillet), page 26;

Mémoires contenus dans le bulletin de juillet 1895 :

20° *Essais comparatifs du travail absorbé par les câbles et par les courroies dans les transmissions de mouvement*, par M. V. Dubreuil, page 28;

21° *Compte rendu du premier Congrès de chimie appliquée, tenu en Belgique, en 1894*, par M. E. Derennes, page 76;

22° *Note sur une explosion récente, à Paris, d'un récipient d'acide carbonique liquide*, par M. S. Périssé, page 81;

23° *Notice nécrologique* sur M. J.-L.-A. Noblot, et paroles prononcées à ses obsèques par M. A. de Dax, pages 110 et 111.

24° *Chronique* n° 187, par M. A. Mallet, page 112;

25° *Comptes rendus*, — page 125;

26° *Planches* nos 142, 143 et 144.

Pendant le mois de juillet 1895, la Société a reçu :

35469 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXX, 1894-1895. Part II.* London, 1895.

35470 — De l'École spéciale d'architecture. *École spéciale d'architecture. Concours de sortie de 1895. 1re épreuve. Projet : Un collège d'étudiants.* Paris, Delalain frères.

35471 — De M. E. Schmidt (M. de la S.). *Différents moyens de déterminer l'entraînement d'eau avec la vapeur des générateurs* (in-8° de 14 p.). Compiègne, H. Lefèvre, 1895.

35472 — Dito. *Essai de vaporisation de générateurs de sucrerie* (grand in-8° de 29 p. avec 13 tableaux). Paris, Imprimerie de la Presse, 1895.

35473 — Dito. *Des avaries des générateurs par les soi-disant savons calcaires* (grand in-8° de 12 p.). Paris, Imprimerie de la Presse, 1895.

35474 — De M. E. Lemoine. *Le rapport anharmonique étudié au point de vue de la géométrographie. Application de la géométrographie à la géométrie descriptive* (in-8° de 48 p.). Paris, Association française pour l'avancement des sciences, 1894.

35475 — Dito. *Étude sur le triangle et sur certains points de géométrographie* (in-8° de 24 p.).

35476 — De M. A.-L. Cordeau (M. de la S.). *Étude de l'avant-projet d'une ferme de comble en bois et d'un plancher en fer* (in-4° de 24 p. autog.). Paris, Dencède, 1895.

35477 — De l'Association technique maritime. *Bulletin de l'Association technique maritime. N° 5. Session de 1894.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35478 — De M. Ugo Baldini. *Nota sopra alcune recenti macchine ad aria calda compressa* (in-8° de 22 p. avec 1 pl.). Roma, 1895.

35479 — Dito. *Trazzione meccanica delle tramvie* (in-8° de 11 p.). Milano, 1895.

35480 — De M. Ch. Compère (M. de la S.). *Association Parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. 21e Bulletin annuel. Exercice 1894.* Paris, Siège de l'Association, 1895.

35481 — De M. Corrie L. Thompson. *A Catalogue of Books, Reports, Papers and Articles relating to Light Railways* (in-8° de 39 p.). London, 1895.

35482 et 35483 — De M. Alfred Picard, Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900. *Exposition universelle internationale de 1889 à Paris. Monographie. Palais, jardins, constructions diverses, installations générales*, par MM. A. Alphand, G. Berger et Alfred Picard (grand in-8° de 532 p. et de 372 p. Tomes premier et second réunis en un seul volume, avec atlas grand in-folio de 38 pl.). Paris, J. Rothschild, 1892-1895.

35484 — De l'American Institute of Mining Engineers. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXIV, 1894.* New-York City, 1895.

35485 — De M. Prompt. *La Vallée du Nil*, pages 529 à 536 du Journal officiel du Gouvernement Égyptien, n° 41 du 6 avril 1891. Le Caire, 1891.

35486 — Dito. *Réservoirs d'eau de la Haute-Égypte* (in-8° de 32 p.). Le Caire, 1892.

35487 — Dito. *Soudan nilotique* (in-8° de 48 p.). Le Caire, 1893.

35488 — Dito. *Canal maritime d'Ismatlia à Alexandrie. Le Caire port de mer* (in-8° de 23 p.). Le Caire, 1894.

35489 — Dito. *Puissances électriques des cataractes* (in-8° de 24 p.). Le Caire, 1894.

35490 — De M. Étienne Matter (M. de la S.). *Moteur à gaz simplex, système E. Delamare-Debouttevilte et L. Malandin* (in-4° de 56 p.). Rouen, Léon Gy, 1895.

35491 — De M. Edward P. North. *The City of New-York. Report to Hon. Wm. Brookfield, Commissioner of Public Works, on Pavements*, by Edward P. North (in-8° de 8 p. avec 1 pl.), 1895.

35492 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Bouches à feu*, par le lieutenant-colonel Hennebert (petit in-8° de 216 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35493 — Dito. *Balistique extérieure*, par Vallier (petit in-8° de 208 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35494 — De M. A.-C.-M. Van Etten. *Association pour l'accroissement de l'industrie manufacturière dans les Pays-Bas, Section d'Amsterdam. Musée des moyens préventifs contre les accidents et les maladies dans les fabriques et les ateliers* (in-8° de 25 p.). Amsterdam.

35495 — De M. Blumenfeld. *La production en grande quantité de l'eau stérilisée par le procédé de la filtration à froid* (grand in-8° de 68 p.). Paris, Imprimerie de la Bourse du Commerce, 1895.

35496 — De M. J. Garlandat. *L'agriculture industrielle française. Étude de la prévoyance nationale* (grand in-8° de 433 p. avec 2 pl.). Paris, chez l'auteur, 1894.

35497 et 35498 — De Kharikovo-Nikolaevskaia Kazennaia Jeliéznaia Dorogha. *Elevatore Zernoxranilistche Nikolaevskome Portie* (in-4° de 241 p. avec atlas grand in-folio de 20 pl.). Kharikovo, 1895.

35499 — De la Société Industrielle du Nord de la France. *Société Industrielle du Nord de la France. Rapport de la Commission d'examen du décret du 10 mars présenté à l'Assemblée générale du 1er juillet 1895*, par M. Arquembourg (in 8° de 8 p.). Lille, L. Danel, 1895.

35500 — De M. Jacques Hermant (M. de la S.). *Exposition internationale de Chicago en 1893. Rapports publiés sous la direction de M. Krantz, Commissaire général du Gouvernement français. Comité 36. Génie civil. Travaux publics. Architecture. Rapports de MM. Jacques Hermant et Paul Debray, Commissaires-rapporteurs* (grand in-8° de 189 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35501 — De M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *L'aménagement de l'eau et l'installation rurale dans l'Afrique ancienne*, par Du Coudray de la Blanchère (grand in-8° de 108 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35502 — De l'Association française pour l'avancement des sciences. *Association française pour l'avancement des sciences. 23e session, Caen, 2e partie 1894. Notes et mémoires.* Paris, Secrétariat de l'Association, 1895.

35503 — Du Ministère des Travaux publics. *Commission des méthodes d'essais des matériaux de construction. Première session. Tome IV. Section B (Matériaux d'agrégation de maçonnerie). Rapports particuliers* (in 4° de 319 p. et 4 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35504 — De Mc Gill University Montreal. *Mc Gill University Montreal. Announcement of the Faculty of Applied Science for the session 1895-1896* (in-8° de 49 p.).

35505 — De l'Association technique maritime. *Bulletin de l'Association technique maritime n° 4. Session de 1893.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894.

35506 — De l'Engineering Society of the School of Practical Science Toronto. *Papers read before the Engineering Society of the School of Practical Science Toronto, 1894-95, n° 8.* Toronto, 1895.

35507 — De M. J. Carimantrand (M. de la S.). *17 brochures ou volumes,*
à 35523 *traitant de différentes questions.*

35524 — De la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon. *Annales de la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon. 7e série, tome second, 1894.* Paris, J.-B. Baillière et fils, 1895.

35525 — De M. A. de Dax (M. de la S.). *Société Philomathique. XIIIe Exposition de Bordeaux, 1895. Catalogue officiel* (grand in-8° de 374 p.). Bordeaux, G. Gounouilhou, 1895.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juillet sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

L.-A. Bouchon,	présenté par	MM. Jean, Philippon, Faure-Beaulieu.
J.-B. Chevreux,	—	Lecellier, Coignet, Laroche.
L.-E.-P. Goichot,	—	Petitjean, Le Bel, A. Chevalier.
Ch.-M. Martel,	—	J. Grouvelle, H. Arquembourg, Thareau.
H.-P. Menard,	—	Piatkowski, Peneaud, de Dax.
R. Raoul-Duval,	—	L. Appert, Remaury, de Dax.
G.-E. Samain,	—	Tresca, G. Richard, Richou.
T.-F. Schertzer,	—	Schil, Rogé, Hacquard.
P.-E. Simon,	—	P. Jean, Faure-Beaulieu, Philippon.
J. Temperley,	—	P. Guéroult, P. Regnard, de Dax.

Et comme Membres associés, MM. :

A.-H. Croizier,	présenté par	MM. Jean, Philippon, Faure-Beaulieu.
E.-L. Surcouf	—	Henry, Hureau de Villeneuve, Soreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 JUILLET 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. D.-A. CASALONGA, au sujet du procès-verbal de la dernière séance, fait remarquer qu'il avait demandé à M. Dubreuil, s'il pensait que la parité de rendement des deux systèmes, constatée par les expériences de Lille, très exactes mais nécessairement trop courtes, pouvait être considérée comme subsistant à la suite d'un long usage.

Il croit que cette observation pourrait figurer utilement au procès-verbal en raison de la réponse faite par M. Dubreuil, lequel a déclaré, on se le rappelle, qu'il avait observé, à la suite d'une longue pratique, que cette parité, entre les câbles et la courroie, subsistait à tout moment.

Sous le bénéfice de cette observation, le procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Ernest Laigle, membre de la Société depuis 1893, ancien élève de l'École d'Arts et Métiers de Châlons (promotion 1874). M. Laigle a été Ingénieur-Directeur des ateliers français à Luxeuil-les-Bains; s'est occupé de constructions mécaniques comme associé de la Maison Hatté et Laigle, a exécuté des travaux d'assainissement et a installé un chemin de fer à Mexico comme Ingénieur civil; il est décédé à Mexico le 3 juin 1895, à l'âge de quarante et un ans.

M. LE PRÉSIDENT annonce que MM. Dardenne, Guyot-Sionnest, E.-V. Pierron, J. Prevet, A. Vautier et Hannoyer ont été nommés membres du jury de la section française à l'Exposition internationale d'Amsterdam en 1895.

M. LE PRÉSIDENT signale dans la série des récompenses décernées pendant sa dernière séance par la Société d'Encouragement pour l'Industrie

Nationale, celles attribuées à plusieurs de nos Collègues auxquels il est heureux d'adresser les félicitations de la Société; tout le monde connaît, en effet, la haute valeur de ces récompenses.

Liste des Prix

décernés par la Société d'Encouragement à des Membres de notre Société.

Prix Roy, Médaille d'argent et 500 *f*, à titre d'encouragement, à M. Ch.-E. Delessard, pour son *Traité de la filature du coton*;

Prix de 2 000 *f*, à M. F. Osmond, pour ses travaux sur l'*Analyse micrographique des aciers;*

Prix de 500 *f* à titre d'encouragement, à M. J. Garçon, pour son ouvrage *La Pratique du Teinturier;*

Prix de 1 000 *f*, à M. Ch. Tellier, et de 500 *f*, à M. A. Lacroix; à titre d'encouragement, pour des travaux pour la *Purification des eaux potables;*

Médaille d'or, à M. A. Mallet, pour ses travaux sur la *Locomotive compound articulée;*

Médaille de platine, à M. E. Petit, pour ses travaux sur l'*Anthéximètre;*

Médailles commémoratives en argent, décernées à M. Dybowski, pour son étude sur la *Culture du Caoutchouc*, et à M. A. Hillairet, pour son étude sur les *Transmissions électriques dans les ateliers.*

M. le Président informe la Société qu'il a reçu de l'*American Society of Mechanical Engineers*, une lettre relative au projet d'adoption aux États-Unis d'une jauge métrique. L'importance de cette décision n'échappera à personne, car elle montre que le système métrique, d'abord adopté en France, se répand en Amérique et finira par être accepté partout.

« Monsieur le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

» Monsieur le Président,

» En mai dernier, la Société Métrologique américaine a nommé une Commission chargée d'étudier la question d'une jauge métrique internationale (1). Ce Comité a dressé le projet d'une jauge métrique, dont je vous envoie ci-incluse une photographie, ainsi qu'une table de comparaison entre la jauge métrique et la jauge décimale récemment adoptée par la Société des Ingénieurs Mécaniciens et l'Association des Ingénieurs de chemins de fer d'Amérique, montrant ainsi les différences très faibles qui existent entre ces deux jauges.

» Il est à croire que cette jauge rationnelle donnant en nombres entiers les épaisseurs et les diamètres, et remplaçant ainsi les indications arbitraires en usage jusqu'à présent, est la meilleure jauge qui ait été proposée jusqu'à ce jour. Nous la recommandons à votre attention.

» Je serai en Europe jusqu'au 1er septembre. Mon adresse est à la Compagnie Glyn Milliand Currie, 67, Lombard Street Londres, et je serai très heureux de recevoir toutes les communications et observations sur ce sujet, que voudraient bien m'adresser soit votre Société, soit ses membres, soit les personnes faisant usage, dans l'industrie, de jauges diverses.

(1) Voir procès-verbal de la séance du 17 mai 1895.

» Le but que nous poursuivons est d'en finir avec les jauges arbitraires et incertaines jusqu'ici en usage et d'y substituer les indications actuelles d'épaisseur et diamètre.

» Agréez, Monsieur le Président, etc.

» *Le Président du Comité,*
» EGLESTON. »

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu une invitation pour assister au Congrès d'assainissement et de salubrité, qui se tiendra à Paris, du 5 au 13 juillet. Il pense qu'un certain nombre de membres de la Société y assisteront avec intérêt.

La Société est invitée à désigner des délégués pour assister au Congrès de l'Iron and Steel Institute qui se tiendra au mois d'août à Londres.

M. Euverte accepte d'être inscrit comme délégué de la Société, sous réserve, toutefois, qu'il lui soit possible de s'y rendre.

M. LE PRÉSIDENT annonce également qu'il a reçu avis de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie que deux concours seront ouverts à Paris les 7 et 10 octobre prochain pour la nomination d'un chef d'atelier d'ajustage à l'École d'Arts et Métiers d'Angers et d'un chef d'atelier de fonderie à l'École d'Aix.

Le programme de ces concours est déposé au Secrétariat.

M. G. COLLIN a la parole pour donner un compte rendu du *concours des voitures automobiles.*

Peu après le concours de voitures automobiles organisé en 1894 par *le Petit Journal*, un comité s'est formé sur l'initiative du Comte de Dion et sous la présidence de MM. Marcel Deprez et Berger, pour l'organisation d'une course en 1895.

Il réunissait de généreux donateurs tels que le baron de Zuylen, des constructeurs et un certain nombre de personnes s'intéressant à la locomotion automobile.

Ce comité a élaboré un règlement dont voici les principaux articles :

ARTICLE PREMIER. — La course est internationale. Les constructeurs ou inventeurs seuls pourront y prendre part.

ART. 2. — La course se fera de Paris à Bordeaux, aller et retour d'une seule traite (environ 1 200 *km*). Les véhicules montés au moins par deux personnes pourront seuls prendre part au concours, exception est faite pour les bicyclettes, tricycles et quadricycles, mentionnés à l'article 13.

ART. 3. — Les véhicules ne seront admis à concourir qu'à la condition d'être actionnés par un moteur autre qu'une force animale.

ART. 4. — Les sommes provenant de la souscription, ainsi que l'argent provenant des inscriptions, expositions, etc., déduction faite des 5 000 *f* mentionnés à l'article 13, ainsi que les frais affectés à l'organisation générale de la course, seront ainsi répartis :

1er arrivé à Paris.	50 0/0
2e —	20 0/0
3e —	10 0/0
Les quatre suivants	5 0/0

Art. 5. — Le premier prix ne pourra être attribué qu'à une voiture de quatre places et au-dessus.

Art. 10. — Le nombre des voitures n'est pas limité, mais les concurrents ne pourront pas présenter plusieurs voitures du même type et de dimensions similaires.

Art. 11. — Les concurrents ne seront pas tenus de faire toute la course avec le même conducteur.

Art. 12. — Les véhicules devront porter le nombre de voyageurs indiqué ou un poids mort équivalent fixé à 75 *kg* par voyageur manquant.

Art. 13. — Il sera distrait une somme de 5000 *f* sur le montant des sommes disponibles pour donner un prix spécial aux quadricycles, tricycles et bicyclettes mécaniques à une place, n'excédant pas un poids de 150 *kg* en ordre de marche et sans voyageur.

Art. 14. — Tous ces prix spéciaux ne pourront être décernés qu'aux véhicules ayant fait le trajet dans un temps maximum de cent heures.

Art. 15. — Aucune réparation en cours de route, de quelque nature qu'elle soit, ne pourra être faite que par le propriétaire de la voiture ou son agent avec les ressources du matériel de réparation emporté par chaque voiture, et cela, sous le contrôle des commissaires.

Les épreuves de 1894 et de 1895 ne sont point de même nature : celle de 1894 portait sur la sécurité, la commodité, le bon marché. En 1895, la vitesse seule entre en ligne de compte et toute une catégorie de véhicules automobiles, celle des tracteurs pour forte charge, se trouve éliminée. La course de 1895 n'a donc pas le caractère de généralité du concours de 1894.

Une exposition a été organisée à la galerie Rapp pour permettre au public d'examiner les voitures en détail avant la course et constater leur état après le grand effort qu'elles avaient eu à fournir.

46 véhicules furent inscrits pour le concours :

15 à vapeur;
29 à pétrole;
2 à l'électricité.

22 véhicules reçurent le signal du départ :

6 à vapeur;
15 à pétrole;
1 à l'électricité.

9 véhicules accomplirent le parcours dans le délai de 100 heures :

1 à vapeur;
8 à pétrole.

La première voiture arrivée est la voiture 5, à 2 places, de MM. Panhard et Levassor qui a couvert la distance de 1 200 *km* en 48 h. 48′. Le premier prix a été gagné par la voiture 16 à 4 places, de MM. Peugeot,

qui a mis 59 h. 48′ pour faire le parcours. La seule voiture à vapeur arrivée est l'omnibus de M. Amédée Bollée.

La maison Panhard et Levassor a présenté deux voitures munies d'un moteur perfectionné donnant plus de puissance sous un moindre poids et de transmissions plus avantageuses au point de vue de la diminution des résistances passives.

M. Delahaye a présenté à l'Exposition une voiture à pétrole avec moteur équilibré.

MM. de Dion et Bouton ont construit pour la course un break à vapeur d'un modèle nouveau. Le moteur, du type Woolf à deux cylindres avec mécanisme équilibré, peut donner 11 *ch.*

M. Serpollet a présenté deux voitures munies de son générateur sans réservoir de vapeur et à chargement mécanique.

M. Amédée Bollée a fait concourir un omnibus à vapeur construit en 1880 et pouvant contenir sept personnes.

M. Jeantaud a construit une voiture électrique avec dynamo de M. Rechniewski et accumulateurs Fulmen.

Le Comité, le Touring-Club et les concurrents avaient pris toutes les mesures pour l'organisation des contrôles des relais d'approvisionnements et de conducteurs.

La course a présenté des vitesses commerciales comprises entre 24,2 *km* pour la voiture 5, habilement conduite sur tout son parcours par son constructeur, M. Levassor, et 13,1 *km* pour l'omnibus Bollée qui dut consacrer quelques heures à la réparation d'avaries graves.

La vitesse commerciale de la voiture 16 (1er prix) a été de 19,7 *km*.

Ces chiffres élevés tiennent à ce que, pour les moteurs à pétrole, les arrêts en cours de route ont été strictement réduits au minimum nécessité par les contrôles et les relais d'approvisionnements.

La course a mis en évidence la supériorité du pétrole sur la vapeur pour la locomotion automobile. Mais il faut noter que le règlement de la course éliminait les véhicules de gros transports qui, dans l'état actuel des choses, ne sauraient se passer du moteur à vapeur.

L'Exposition nous a permis d'examiner des véhicules nombreux intéressants dans leur principe. Un prochain concours organisé d'une façon plus rationnelle et moins sportive nous montrera leur valeur et nous offrira peut-être le spectacle d'une lutte acharnée entre le pétrole et la vapeur qui ne se tient pas pour battue.

M. J. Fleury regrette que dans la communication si intéressante de M. Collin il n'y ait pas un chapitre que l'on pourrait intituler le chapitre du « prix de revient » ; ce serait certainement le plus intéressant de tous.

M. Collin s'est certainement aperçu lui-même de cette lacune, et s'il ne l'a pas comblée, c'est, sans doute, qu'il n'a pu se procurer les éléments nécessaires. A ce sujet, d'ailleurs, M. Fleury rapporte qu'il a entendu l'éminent M. Marcel Deprez, président de la Commission d'études de ces nouveaux véhicules, dire que l'extrême discrétion des constructeurs empêche la Commission de formuler des conclusions véritablement utiles.

En industrie, il n'y a de progrès complet que lorsqu'en même temps qu'on a pu réaliser les différents perfectionnements et améliorations nécessaires, on a aussi abaissé le prix de revient. M. Fleury insiste pour que les constructeurs fassent connaître le prix de revient kilométrique; en pareille matière, d'ailleurs, le secret est difficile à garder longtemps, et sa révélation ne paraît pas devoir être préjudiciable.

M. Fleury ne croit pas que l'on doive chercher à obtenir de très grandes vitesses, que l'on ne pourra jamais utiliser dans les villes. Comme les voitures automobiles ne sont pas destinées à faire concurrence aux chemins de fer, il n'y a pas à chercher à faire, dans un temps donné, un très long parcours.

La voiture à vapeur semble avoir été disqualifiée par la course de 1895, et c'est peut-être pourtant, au point de vue économique, le fiacre de l'avenir.

Enfin, M. Fleury critique cette condition imposée aux concurrents de ne se réparer qu'avec les moyens dont on dispose *à bord*. C'est bon pour un navire en mer, mais pour une machine destinée à ne circuler que sur les routes d'un pays civilisé, où l'on trouve dans chaque village des maréchaux, sinon des carrossiers, c'est une règle qui détruit l'égalité entre les concurrents.

Il y a lieu de rendre hommage à l'ingéniosité de M. Bollée et de ses six compagnons, mais il est certain qu'avec une voiture à deux places, ou même à quatre places, il n'aurait pu, disposant d'un personnel beaucoup plus restreint, arriver à faire sa réparation; de là, des inégalités fâcheuses pour un concours.

M. Fleury insiste pour qu'à l'avenir, dans les concours de voitures automobiles, on prenne surtout, comme élément d'appréciation, l'économie de traction.

M. G. Collin répond qu'il est d'accord avec M. Fleury, en ce qui concerne la question du prix de revient; il a eu soin d'insister, au début de sa communication, sur la différence entre un concours et une course, et en particulier sur ce fait que le concours de 1894, qui était un concours économique, était plus rationnel que la course de 1895.

Dans une course, on cherche à arriver coûte que coûte; il ne peut guère, dans ces conditions, être question de prix de revient. Cependant, M. Collin peut fournir un renseignement qui lui a été donné à ce sujet :

Pour sa voiture n° 5, M. Levassor déclare avoir dépensé un litre d'essence minérale pour 10 *km*, soit environ 0,05 *f* par kilomètre.

M. R. Varennes confirme le chiffre indiqué par M. Levassor. Il a entre ses mains, depuis dix mois, une voiture construite par M. Levassor; elle est sortie par tous les temps, même par les plus mauvais temps de cet hiver, et la dépense moyenne est bien celle rappelée tout à l'heure par M. Collin, 0,05 *f* par kilomètre, en y comprenant le graissage. Même dans ces conditions, la consommation moyenne est encore un peu inférieure à ce chiffre.

M. le Président remercie M. Collin de sa communication, très intéressante tout à la fois par la manière dont elle a été présentée et par le

sujet lui-même, tel qu'il a été traité. La Société se félicite des résultats obtenus : la course de 1895 a démontré de très grands progrès accomplis depuis 1894.

La parole est ensuite donnée à M. G. Lesourd pour sa communication sur *La Traction mécanique des tramways par le système Serpollet.*

M. G. Lesourd expose qu'il vient aujourd'hui remplir une promesse antérieure qu'il avait faite lors de sa première communication sur le générateur Serpollet, de tenir la Société au courant des nouvelles applications intéressantes auxquelles cet appareil pourrait donner lieu.

Il se bornera strictement aujourd'hui à l'application de ces générateurs à la traction mécanique des tramways.

Il donne tout d'abord quelques renseignements indispensables sur les modifications de forme qu'ont subies les tubes, qui, au lieu d'être simplement aplatis comme les premiers, sont étampés en forme d'U, de façon à donner le maximum de résistance aux détériorations.

De plus, l'espace intérieur, qui, dans les premiers tubes destinés à des générateurs de très faible puissance, était pour ainsi dire capillaire, a dû être augmenté pour les générateurs de plus grande force, afin de diminuer les pertes de charge et de donner passage à la quantité de vapeur nécessaire. Il varie maintenant entre 1 et 3 *mm* suivant la position des batteries de tubes dans le foyer.

Les générateurs de tramways sont, jusqu'à présent, de trois grandeurs, et sont formés d'une première série d'éléments horizontaux et d'une deuxième série d'éléments verticaux.

La jonction de ces éléments s'opère à l'aide de coudes avec écrous placés hors de l'action du feu.

Les premiers tubes, qui supportent toute l'action du foyer, sont concentriques.

Le tirage est activé par l'échappement qui aboutit dans la cheminée, et cette cheminée est de plus entourée d'une enveloppe formant une gaine d'air permanente autour de la chaudière et diminuant le rayonnement.

Les vapeurs huileuses dégagées par la machine sont également aspirées d'une façon analogue, et l'ensemble de ces gaz chauds aboutit dans une manche à vent aplatie régnant sur le toit du tramway, où ils se brassent avec un grand volume d'air pour ressortir à l'arrière.

M. Lesourd fait remarquer que ces divers perfectionnements viennent d'être appliqués en vue de remédier à des critiques, d'ailleurs très fondées, qui avaient été faites au sujet des premières voitures mises en service.

La première application du générateur Serpollet aux tramways date de fin 1893 et a été faite à une ancienne voiture de la Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine, modifiée à cet effet.

Cette voiture en charge pesait 7 800 *kg;* l'appareil moteur et le générateur 1 500 *kg* seulement. Elle a fait des essais sur la ligne de Porte-Maillot-Saint-Denis avec une remorque de 6 300 *kg*, de sorte que l'ensemble de 14 *t* était entraîné par un poids moteur du dixième seulement.

L'emploi du coke lavé supprimait toute fumée. Quant à la vapeur d'échappement, on sait qu'elle est rendue complètement invisible.

L dépense de coke lavé fut en moyenne dans ces essais de 2,3 *kg* par voiture-kilomètre sans remorque, et de 2,7 *kg* par voiture-kilomètre avec remorque.

Aujourd'hui, la même voiture améliorée consomme seulement 100 *kg* pour 80 *km*, soit 1,2 *kg* par *km*.

Cette première expérience montra combien le générateur Serpollet se prêtait facilement au problème de la traction mécanique, grâce surtout à son extrême élasticité.

Une application analogue de générateur n° 1 était faite quelque temps après sur un tramway à vingt places circulant à Saint-Etienne sur une des lignes de la Compagnie française des Voies ferrées économiques.

Elle donna lieu à des résultats approximativement les mêmes que les précedents.

Le générateur n° 2 fut ensuite appliqué sur neuf voitures neuves de la Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine mises en service sur la ligne de Madeleine-Gennevilliers.

Ce générateur est composé comme suit :

Éléments horizontaux, 9;
Éléments verticaux, 15;
Longueur développée des tubes, 25 *m*;
Surface de chauffe, 5,66 m^2;
Surface de grille, 28,35 dm^2.

L'appareil moteur est composé de deux cylindres de 16 d'alésage et de 15 de course.

Le rapport entre le volume de la pompe d'alimentation et celui des deux cylindres est de 1 à 75. La faiblesse de ce rapport explique comment les variations de pression, dues aux variations de profil, peuvent s'obtenir sans le secours de la pompe à main, l'augmentation de travail demandée à la pompe étant infime par rapport à l'augmentation correspondante du travail produit sur les cylindres.

Ces voitures pèsent à vide 8,500 *t* et en charge 12 *t*.

Elles remontent les rampes de la rue de Saint-Pétersbourg à 20 *km* à l'heure, à une pression de 6 *kg*. Aux démarrages, cette pression atteint 9 à 10 *kg*, et peut monter jusqu'à 20 *kg* dans les cas exceptionnels. En palier, elle est de 1,1/2 à 2 *kg*.

Ces voitures ont un générateur et un moteur un peu faibles pour le service qui leur est demandé. Elles doivent être très prochainement mises en service sur une ligne moins accidentée où elles pourront même permettre de la remorque et seront remplacées par des voitures plus fortes.

Le générateur modèle n° 3 a été appliqué à une voiture de 50 places de la Compagnie Générale des Omnibus et renforcé en vue de monter la rampe de Versailles. Ses données sont les suivantes :

Éléments horizontaux, 9;
Éléments verticaux, 20;
Surface de chauffe, 8,18 m^2;
Surface de grille, 41 dm^2.

Ces surfaces, beaucoup plus grandes que les précédentes, permettent de réaliser la combustion lente, qui donne une série d'avantages très appréciables au point de vue pratique et économique.

Des essais qui viennent d'être faits sur la ligne de Charenton proviennent les résultats suivants :

Longueur de la ligne, 7,500 *km*;
Poids de la voiture automobile en charge, 13 *t*;
Poids de la voiture de remorque, 8,500 *t*;
Poids total, 22,600 *t* avec 16 voyageurs.

La quantité totale de coke lavé dépensé a été de 20 *kg* pour le parcours, soit une moyenne de 2,7 *kg*.

Ce générateur, dans des conditions plus difficiles, peut faire d'une façon constante 25 *ch* et vaporiser 250 *l* à l'heure; la voiture peut monter des pentes de 60 *mm* à une vitesse de 20 *km*. Les tubes y sont divisés en deux batteries alimentées séparément et successivement par la pompe de compression.

M. Lesourd passe ensuite à la description des appareils de manœuvre, qui sont tout à fait spéciaux au système.

Aussitôt que la pompe de mise en marche a produit la vapeur nécessaire pour mettre la voiture en mouvement, c'est la pompe d'alimentation qui fonctionne.

L'eau est toujours injectée en quantité supérieure à celle nécessaire. Toute la manœuvre se réduit à celle d'un pointeau régulateur placé sur le refoulement de l'eau.

Si ce pointeau est fermé, toute l'eau refoulée va à la chaudière et donne la pleine pression et le maximum de puissance.

S'il est ouvert, toute l'eau refoulée, ainsi que l'eau et la vapeur contenues dans la chaudière, font retour brusquement à la bâche, et la pression retombe immédiatement à zéro.

Les positions intermédiaires du pointeau, permettant un retour plus ou moins grand de l'eau à la bâche, donnent toutes les variations de puissance et de vitesse désirables.

Le seul appareil de sûreté exigé est une soupape calée à 20 *kg* et placée sur le refoulement de l'eau. Cette soupape permet le retour à la bâche dès que sa limite de pression est atteinte.

En ce qui concerne l'obturation des tubes par les dépôts calcaires. ils ne se produisent jamais dans les générateurs de tramways comme cela a lieu dans les générateurs fixes, par suite des chasses permanentes qui ont lieu lors des arrêts et des mises en marche.

Quant à la détérioration des tubes par le feu, elle ne se produit jamais quand le mécanicien a soin, aux terminus, de fermer son tirage et de donner quelques coups avec pointeau ouvert avant de produire le démarrage.

Divers plans sont affichés représentant des applications variées en construction, entre autres pour le chemin de fer de Beyrouth-Damas; pour le funiculaire du Havre; pour la Compagnie Générale Française de tramways (réseau de Tours), et pour la Haute-Savoie.

M. Lesourd signale, en outre, deux applications intéressantes: celle

d'une voiture de 10 places pour le service des voyageurs et des dépêches commandée par la Compagnie du Nord pour circuler sur ses réseaux; et celle d'une voiture automobile type Rowan avec bogie porteur à l'avant destinée aux chemins de fer de Thessalie.

Il termine en disant qu'étant donnés les progrès considérables que font chaque jour les applications nouvelles de la traction mécanique aux Tramways, il a cru intéressant de donner à la Société les quelques renseignements qui précèdent sur un système qui, grâce à la sécurité absolue qu'il donne, à l'absence complète de fumée et de vapeur d'échappement, à la facilité de son entretien, à son prix de traction très peu élevé, semble destiné à tenir une place des plus honorables parmi les meilleurs.

Après avoir remercié la Société de la bienveillante attention qu'elle a bien voulu lui donner, M. Lesourd passe à une série de projections des types principaux de tramways en service.

M. LE PRÉSIDENT, remerciant M. Lesourd au nom de la Société pour sa communication, adresse aussi ses félicitations à M. Serpollet pour les résultats auxquels il est parvenu : les perfectionnements apportés à son système ont été considérables. Par la facilité avec laquelle on peut, en toute sécurité et en quelques secondes, faire varier la pression de la vapeur de 0 à 10 *kg*, on comprend l'élasticité que donne ce système et les ressources qu'il est possible d'en tirer, on peut se rendre compte combien ces voitures marchent d'une manière satisfaisante et combien elles sont pratiques. Il y a lieu d'espérer que de nombreuses applications viendront récompenser M. Serpollet de son ingénieuse invention et de sa persévérance à la perfectionner.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur la *Traction mécanique des tramways*.

Bien que l'heure soit un peu avancée, M. LE PRÉSIDENT dit qu'il donnera la parole à ceux qui demanderaient à la prendre.

M. LENCAUCHEZ voudrait que dans la discussion on s'attache surtout à établir le prix de la traction. L'observation qui a été faite tout à l'heure à l'occasion de la communication de M. Collin trouve également sa place lorsqu'il s'agit de traction sur les tramways.

Pour les tramways, les procédés de traction sont très nombreux, traction animale, traction par machines à vapeur ordinaires, par machines à vapeur Serpollet, par machines à gaz ou à pétrole par l'air comprimé, traction électrique avec accumulateurs, ou bien avec câbles et trolley, etc.

Il est très intéressant, pour Paris surtout, en vue de la prochaine Exposition, de savoir quel est le type qui donne la plus grande rapidité de marche avec la plus complète sécurité et qui, en même temps, a un prix de traction notablement plus bas que les autres.

M. Lencauchez ne croit pas qu'à Paris le prix de revient de la traction animale soit peu différent de celui de la traction mécanique comme le soutiennent les partisans de la cavalerie.

Prenant comme exemple la ligne de la Bastille à la Porte Clignancourt, M. Lencauchez compte que le service de chaque voiture exige vingt chevaux qui réclament quatre hommes pour les soigner. En tenant

compte des côtiers qui sont nécessaires sur la ligne, on voit que le service d'une voiture exige de six à sept personnes. Dans ces conditions, il ne peut croire que la traction mécanique ne présente de sérieuses économies sur la traction animale, qui est coûteuse à Paris.

M. LE PRÉSIDENT reconnaît que la question présente un très grand intérêt, mais il craint qu'elle ne soit prématurée, les expériences n'ayant pas été assez prolongées pour fournir des résultats comparables avec une certitude suffisante.

M. LENCAUCHEZ voudrait au moins poser les bases de la discussion qui ne peut manquer de s'ouvrir.

Il estime que l'on peut discuter la traction mécanique sur route parce que la machine roulant sur route éprouve les mêmes résistances que les autres véhicules circulant dans les mêmes conditions et si les locomotives absorbent pour se mouvoir 33 0/0 de leur puissance, le moteur à vapeur circulant sur route absorbe 80 0/0.

Il pense, au contraire, que pour les tramways les avantages de la traction mécanique sont indiscutables, parce que la voie du tramway est un véritable chemin de fer, et s'appropriant ce qui a été dit par un ingénieur anglais, M. Lencauchez répète que la locomotive sans chemin de fer est un médiocre instrument comme réciproquement le chemin de fer sans locomotive.

La machine de Rowan qui a fait le service de notre dernière Exposition à Paris, du Trocadéro à la Ceinture, est une locomotive avec avant-train qui sert de support pour le véhicule, de sorte que la machine porte les deux tiers de la charge totale; donc elle franchit les fortes rampes avec une très grande facilité.

La chaudière Serpollet présente de nouveaux avantages au point de vue de la sécurité : il n'y a pas à craindre d'explosion puisqu'il n'y a pas d'eau dans cette chaudière. Il faudrait savoir si le moteur Serpollet donne une économie de traction par rapport à la machine à vapeur ordinaire pour pouvoir faire une comparaison.

Il y aura aussi à examiner le prix de revient de la traction à l'air comprimé, soit à accumulateurs réservoirs.

Dans les mines, le rendement du moteur à air comprimé n'est pas supérieur à 25 0/0. M. Mékarski, il est vrai, lui a apporté un grand perfectionnement par l'addition de la bouillotte qui lubrifie les cylindres et produit un chauffage qui empêche la congélation. Il a pu faire ainsi monter le rendement de 25 à 36 0/0; il n'en reste pas moins que ce moteur perd 64 0/0 du travail fourni par la machine à vapeur au compresseur.

On objecte, il est vrai, que le travail donné par la locomotive est bien plus coûteux que celui fourni par une machine fixe et que, par suite, il y a de ce côté une certaine compensation.

M. Lencauchez déclare que c'est là une erreur; par suite du perfectionnement actuel de la locomotive, son rendement est très satisfaisant et il pense qu'il y a lieu d'avoir recours à la locomotive à vapeur toutes les fois que l'on ne recherche pas la construction de voitures automo-

biles, c'est-à-dire la suppression même de la locomotive. C'est, il est vrai, ce que permet de réaliser le moteur Mékarski et quelques autres.

Mais, en ce cas, M. Lencauchez croit que l'avantage revient aux tramways électriques, car, avec une transmission par câble électrique, on peut utiliser 80 0/0 de la force produite ; en outre, la suppression des accumulateurs ou des réservoirs à air comprimé entraine la suppression d'un poids mort inutile et on obtient ainsi le maximum d'effet utile. Dans les villes qui ne veulent pas tolérer l'installation de câbles aériens, on peut établir des transmissions souterraines, ce qui est actuellement le procédé de traction le plus perfectionné. Il regrette de ne pouvoir fournir des renseignements sur les prix de revient de ces divers modes de traction.

M. LE PRÉSIDENT dit que la traction mécanique est certainement la traction de l'avenir appelée à prendre tous les jours plus d'importance; dans ces conditions. ce n'est peut-être pas encore le moment de fixer les prix de revient.

M. DE MARCHENA observe que la traction animale se justifie encore dans bien des cas; toutes les fois qu'il s'agit de lignes à petit trafic où une voiture à un seul cheval suffit. La voiture destinée à la traction animale présente alors le poids mort minimum et elle est beaucoup plus légère que celle destinée à la traction mécanique qui doit résister aux efforts du moteur et dont le poids et l'entretien ne décroissent pas proportionnellement au nombre des places.

C'est le contraire pour les lignes à trafic très intense dont les grandes voitures exigent deux ou trois chevaux. Il faut alors compter une journée de cheval par sept kilomètres-voiture; soit, en évaluant à $4\,f$ la journée du cheval, une dépense de traction de $0{,}50\,f$ à 0,60 par kilomètre-voiture; il n'y a pas alors de traction mécanique aussi coûteuse.

On ne doit pas, du reste, envisager seulement les frais de traction, mais aussi ceux d'entretien de la voie et ceux de premier établissement.

La traction se fait à très bas prix sur les lignes électriques à fil souterrains : $0{,}20\,f$ par kilomètre à Budapest, mais comme le coût de premier établissement est très élevé, ce mode ne peut être appliqué qu'avec un trafic intense présentant des départs toutes les cinq ou au moins huit minutes, sans cela l'amortissement devient impossible.

L'installation de fils aériens est bien moins coûteuse et c'est celle qui donne le maximum d'économie, mais il est à craindre que ce procédé ne se trouve limité en France par les règlements municipaux.

Enfin il ne faut pas oublier de rapprocher de la dépense de combustible les frais d'entretien du matériel roulant, frais dont l'importance est presque toujours aussi grande que ceux de force motrice, qu'il s'agisse de traction mécanique ou de traction électrique, la fatigue étant beaucoup plus grande sur les lignes de tramways que sur les grandes voies ferrées.

M. de Marchena se demande si dans le générateur Serpollet on n'a pas à redouter, dans certains cas, les effets de la surchauffe. La vapeur n'étant pas utilisée dans les descentes, les tubes doivent, à la fin d'une longue descente, se trouver à une température élevée et, par suite, la vapeur, lorsqu'on recommencera l'introduction dans le cylindre. Si on

ne dispose pas d'une huile spéciale pour le graissage, les températures très élevées de la vapeur peuvent avoir des inconvénients.

M. de Marchena voudrait savoir aussi si la vapeur est surchauffée à la sortie des cylindres comme on l'a souvent prétendu, ou si elle ne se surchauffe que dans la cheminée.

M. Lesourd déclare qu'en ce qui concerne l'action sur les organes internes du mécanisme, l'expérience est absolument décisive, et que la vapeur surchauffée de la chaudière Serpollet est sans aucun inconvénient sur les tiroirs et sur les cylindres.

Quant aux descentes, à l'aide d'un registre spécial, le mécanicien supprime le tirage, la température du foyer tombe au minimum. La vapeur ne dépasse ainsi jamais 300°, même à la remise en marche, et à cette température, aucune pièce n'est attaquée.

Quant au graissage, il se comporte très bien dans ces conditions.

M. de Marchena croit que la vapeur se surchauffe à la sortie dans la cheminée et, à l'appui de son opinion, il cite ce fait, qu'ayant eu une chaudière Serpollet conduisant un malaxeur, il éprouvait des difficultés pour la mise en marche, par suite du manque de tirage. Il a alors interposé un bouilleur entre la chaudière Serpollet et le moteur du malaxeur. La chaudière Serpollet chauffait l'eau du bouilleur et c'était la vapeur de ce bouilleur qui était ensuite utilisée, vapeur saturée par conséquent. Néanmoins, l'échappement était invisible, comme avant l'interposition du bouilleur. C'est ce qui fait supposer à M. de Marchena que la vapeur se surchauffe dans la cheminée et que c'est à cause de cela qu'elle est invisible. C'est le résultat de la température très élevée des gaz de la combustion et aussi, doit-on ajouter, de la faible utilisation du combustible, par suite de laquelle la proportion d'eau vaporisée est faible par rapport au poids des gaz de la combustion.

M. D.-A. Casalonga, en réponse à la question posée par M. de Marchena, au sujet de l'invisibilité de la vapeur échappée des moteurs alimentés par des générateurs du système Serpollet, dit que cette vapeur est, dans les voitures automobiles de ce système, surchauffée à l'échappement, justement pour réaliser cette invisibilité toujours désirable à l'intérieur des villes.

M. Lencauchez répond que c'est une question de proportion.

Dans un petit moteur à vapeur surchauffée, la vapeur tombe à saturation dans la boîte à vapeur par suite du refroidissement extérieur et par celui produit par la détente, donc la vapeur est saturée en sortant du cylindre. La vapeur d'échappement sort visible ou invisible suivant la quantité de vapeur d'eau qui passe par le tuyau d'échappement dans la cheminée et suivant l'état hygrométrique de l'air; plus la quantité de vapeur est petite, noyée dans un grand volume de fumée à haute température, moins cette vapeur est visible. Les grandes locomotives, qui vaporisent 8 000 *l* d'eau par heure, fonctionnent en été lorsque l'air est sec comme si elles étaient à condensation; la vapeur d'échappement est invisible, mais il n'en est plus de même l'hiver.

M. L. Rey voudrait savoir si l'emploi d'eaux de mauvaise qualité, dans la chaudière Serpollet, ne présente pas d'inconvénient pour le cylindre, le tiroir, le presse-étoupe, etc. Comme il n'y a pas de dépôt dans ces chaudières, il faut nécessairement que ces matières soient entrainées, par suite on peut craindre la détérioration des organes qui viennent d'être indiqués.

M. Lesourd répond que, jusqu'ici, il ne s'est jamais produit aucune des détériorations supposées, quelle que fût la nature des eaux employées. Même avec les eaux très séléniteuses de Montmartre il n'y a jamais eu de détérioration de cylindres, de tiroirs ou de presse-étoupes.

Avec les eaux calcaires principalement, et lorsqu'il s'agit de générateurs fixes qui ont seuls tendance à s'encrasser, M. Serpollet recommande de nettoyer les tubes à l'eau acidulée, tous les huit ou quinze jours, suivant les cas; mais, en pratique, on n'a jamais eu de détérioration de cylindre ou de tiroir.

Il faut donc admettre que les sels précités à l'état de poudre impalpable se trouvent intimement mélangés à la vapeur et cheminent sans inconvénient avec elle; la majeure partie est entraînée au dehors.

M. Lencauchez dit qu'effectivement il a vu beaucoup de chaudières Serpollet en marche, et qu'on ne s'en est jamais plaint; il en a eu une à sa disposition, elle a donné de bons résultats. Notre Collègue, M. Bullot, étant venu la voir fonctionner, a passé la main dans l'échappement, il s'est senti piqué comme par un coup d'aiguille, probablement par une incrustation entrainée et lancée par la vapeur.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. Ch.-M. Martel et P.-E. Simon, comme membres sociétaires.

MM. L.-A. Bouchon, J.-B. Chevreux, L.-P. Goichot, H.-P. Ménard, R. Raoul-Duval, G.-E. Samain, T.-F. Schertzer et J. Temperley sont reçus comme membres sociétaires :

MM. A.-H. Croizier et L.-E. Surcouf, comme membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 JUILLET 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT exprime le regret que des circonstances imprévues, indépendantes de sa volonté, aient retardé l'impression du procès-verbal de la précédente séance, qui sera, par suite, envoyé en même temps que celui de la séance qui a lieu aujourd'hui. Ce retard provient, en partie, de la fermeture des ateliers, à l'occasion de la fête nationale du 14 juillet.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs collègues :

M. Marchegay, Alphonse, Membre de la Société depuis 1882, Ingénieur civil des Mines, Membre du Conseil d'Hygiène du Rhône, Administrateur de la Compagnie du Gaz de Lyon, Chevalier de la Légion d'honneur et Officier d'Académie ;

M. Robin, Albert, Membre de la Société depuis 1876, ancien collaborateur de M. Michel Perret pour ses travaux sur la combustion des combustibles pauvres. M. Robin a été Ingénieur-Constructeur d'appareils de chauffage et de ventilation, bien connu pour ses nombreuses recherches sur toutes les questions qui touchent à cette industrie ;

M. Noblot, J.-L.-A., ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures (promotion 1835), Président en 1885 de l'Association amicale des anciens élèves de cette École, dont il a été un des fondateurs.

Il était membre de notre Société depuis 1876, avait été élu membre du Comité en 1885 et Vice-Président en 1887.

Il occupait comme filateur une place importante parmi les industriels de la Haute-Saône ; il a été membre et n'a pas tardé à être choisi comme Vice-Président du Conseil général de ce département, et enfin Sénateur. Il était Chevalier de la Légion d'honneur.

Ses obsèques ont eu lieu à Héricourt. M. le Président, ne pouvant s'y rendre, a délégué M. de Dax, qui a déposé au nom de la Société une couronne sur le cercueil de notre sympathique et regretté ancien Vice-Président.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer à la Société les hautes distinctions obtenues par nos Collègues dans l'Ordre de la Légion d'honneur à la promotion de juillet.

Notre Vice-Président, M. Delaunay-Belleville, a été nommé Commandeur de la Légion d'honneur.

Comme chacun le sait, M. Delaunay-Belleville se recommandait comme Ingénieur et comme Constructeur. Sorti de l'École Polytechnique,

il a été attaché à la maison de construction de chaudières, système de M. Belleville, dont il est devenu le gendre. Sous sa direction, la maison a pris une importance et une extension considérables; l'usage de ses chaudières s'est répandue non seulement en France, mais aussi à l'étranger, spécialement dans la marine; leur notoriété est aujourd'hui universelle.

Élu membre de la Chambre de Commerce de Paris, M. Delaunay-Belleville n'a pas tardé à en devenir Président; il dirige ses travaux avec autant de distinction que d'autorité.

Il a été récemment nommé Directeur de l'Exploitation de l'Exposition Universelle de 1900.

La distinction qui vient de lui être si justement accordée est un très grand honneur pour notre Société. *(Applaudissements.)*

M. Ch. Gallois, membre du Comité de la Société depuis plusieurs années, Président de l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie, a été nommé Officier de la Légion d'honneur; M. le Président lui réitère, au nom de l'Assemblée, les félicitations qui lui ont été tout à l'heure adressées au nom du Comité. *(Applaudissements.)*

M. A. Vivien a été nommé Chevalier du Mérite Agricole.

M. Pluvier a été nommé Chevalier de l'Étoile de Roumanie.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de M. Aug. Neveu, comme Secrétaire-Archiviste de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures.

M. Neveu, ancien élève de l'École Centrale (promotion 1871), est bien connu par ses travaux sur les industries agricoles, spécialement l'amidonnerie et la glucoserie; on ne peut que féliciter de cet heureux choix notre Collègue et le Comité de l'Association amicale.

M. LE PRÉSIDENT annonce que plusieurs de nos Collègues ont été nommés membres du Jury de l'Exposition de Bordeaux.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Schertzer a adressé à la caisse une somme de cinquante francs, à titre de don volontaire, pour l'augmentation du fonds social. Il lui adresse à ce sujet les remerciements de la Société.

M. A. Brocchi a fait don à la bibliothèque d'une collection de vingt-trois années du Bulletin de la Société. Il lui adresse également ses remerciements.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Il signale, entre autres, un ouvrage de M. Picard, commissaire général de l'Exposition de 1900, sur l'Exposition de 1889.

M. J. CHARTON dit qu'il considère comme un devoir de signaler cet important ouvrage à l'attention de ses collègues. On se souvient qu'à l'Exposition de 1889, l'Ingénieur en chef du contrôle des Constructions métalliques était notre regretté et éminent Président, M. Contamin. C'est lui qui, en cette qualité, a calculé toutes les fermes de l'Exposition, entre autres celles de la galerie des machines, et c'est à la suite de

ce travail considérable qu'il contracta la maladie qui devait l'enlever si prématurément à l'affection de tous les siens, de tous ses nombreux amis et collègues.

Lorsque l'Exposition prit fin, M. Alphand réunit ses collaborateurs pour leur exprimer ses remerciements pour l'heureux résultat obtenu : On avait économisé près de huit millions sur les prévisions, et la plus grande satisfaction qu'il pouvait leur accorder était de faire faire une monographie de l'Exposition de 1889.

Cette monographie fut faite avec tous les soins désirables sous la haute direction de M. Picard. La première partie a paru l'an dernier ; la seconde partie, qui vient de paraître, contient, avec un atlas très complet, un volume résumant les calculs de notre si regretté Président M. Contamin, Ses travaux lui faisaient le plus grand honneur, et il se faisait une joie d'en apporter la primeur à la Société. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT s'associe entièrement aux éloges que M. Charton vient d'adresser à la mémoire de M. Contamin et il fait en même temps ressortir la part importante que M. Charton a prise au travail dont il vient de parler.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a reçu, à la suite de la dernière séance, une lettre de M. Francq, au sujet de la traction mécanique des tramways ; il en sera donné lecture à la prochaine séance, en même temps que de la réponse de M. de Marchena, au commencement de la discussion relative à cette question.

La parole est ensuite donnée à M. S. PÉRISSÉ pour sa communication sur *une explosion récente, à Paris, d'un récipient d'acide carbonique liquide.*

M. PÉRISSÉ, après avoir retracé l'accident et analysé ses effets, recherche quelles sont les causes qui ont pu le produire et les mesures qu'il y a lieu de prendre pour éviter le retour de faits analogues dans l'avenir.

Jusqu'ici on a cherché surtout à se garantir d'accidents possibles pendant le transport, en imposant, comme en Allemagne, une épreuve officielle renouvelable tous les trois ans et constatant que les bouteilles supportent, sans fuite et sans déformation permanente, une pression de 250 *kg* par centimètre carré (242 atmosphères.)

On a bien signalé l'importance de limiter la charge par rapport au volume, mais on n'a pas donné le moyen pratique de constater que cette charge n'est pas dépassée.

Or, M. Périssé estime que c'est le trop grand emplissage de la bouteille qui est la cause dominante de l'accident en question. Il donne le moyen d'éviter ce danger à l'avenir, en indiquant sur chaque bouteille le poids du récipient vide et le poids maximum de l'acide carbonique qu'on peut y introduire par rapport à la capacité réelle mesurée. Le pesage de l'acide, à l'emplissage, devrait être fait par une opération de double pesée.

Il croit qu'il y aurait lieu de diminuer la pression d'épreuve actuelle pour ne pas fatiguer le métal d'une manière dangereuse. Cette pression serait limitée à 175 *kg* au maximum par centimètre carré (au lieu de

250 *kg* sans déformation permanente), et à cette pression le métal ne devra travailler qu'aux sept dixièmes du coefficient correspondant à la limite d'élasticité.

Pour éviter le danger toujours à craindre des soudures imparfaites, M. Périssé estime qu'il y a lieu de donner la préférence à l'acier doux sans soudure sur le fer forgé.

Il faudrait éviter aussi que les récipients puissent se trouver exposés à une élévation de température résultant de l'exposition au soleil ou du voisinage d'un foyer.

L'accident auquel il est fait allusion prouve que, contrairement à l'avis de plusieurs physiciens, la rupture d'une bouteille d'acide carbonique peut produire des effets dynamiques d'une assez grande importance.

L'emploi de cet acide présenterait donc des dangers sérieux pour la sécurité publique, si l'on ne prend toutes les précautions nécessaires. Il y a un très grand intérêt pour les industriels, fabricants ou consommateurs, à prendre toutes ces précautions; ils rendront ainsi inutile une réglementation plus sévère et plus étendue qui serait pour eux une entrave et une source de dépenses.

M. L. Rey observe que M. Périssé, en parlant des précautions qu'il y aurait lieu de prendre pour la construction et l'essai des bouteilles, n'a pas parlé de la forme qu'il convient de donner au fond. Il constate que la bouteille soumise à l'examen de la Société a un fond plat; sans doute cette forme est très commode parce qu'elle permet de poser verticalement les récipients, mais elle est dangereuse au point de vue de la sécurité. Ce fond plat travaillant à la flexion sous des pressions énormes est loin de présenter les garanties de sécurité voulues; la soudure du fond résulte nécessairement d'un simple encollage, ce qui est inadmissible pour de pareilles pressions.

M. Rey fait remarquer que ces bouteilles peuvent être considérées comme des cylindres de presses hydrauliques; or, dans des presses hydrauliques, il a suffi de substituer des fonds bombés aux fonds plats, sans changer les dimensions des parois, pour éviter la rupture et obtenir une bonne résistance; il y a lieu de penser qu'il en serait de même pour les récipients à acide carbonique. Par les pressions qu'ils supportent, ces récipients peuvent, en effet, être assimilés à des corps de pompe de presse hydraulique et non à des chaudières, et la pratique a démontré la nécessité des fonds ronds pour les cylindres de presse hydraulique même de petit diamètre.

M. Périssé ne croit pas que la forme bombée du fond puisse avoir une grande influence, à cause du faible diamètre de la bouteille, qui n'a que 0,115 *m* de diamètre; avec 0.020 *m* d'épaisseur de fond il n'y a pas de danger que le fond fléchisse. Le danger existerait si le fond soudé avait plus de 0,200 *m* de diamètre; beaucoup d'accidents de chaudières proviennent de ce qu'elles sont formées de cylindres à fond trop plat, mais le diamètre est alors de plus de 0,400 *m*.

M. Carimantrand remarque qu'on pourrait éviter les soudures en ayant recours à des fonds vissés comme on le fait pour les obus.

Un Membre fait observer qu'on pourrait aussi avoir des récipients formés par des tubes étirés à fonds emboutis, cela présenterait plus de sécurité; il existe des récipients fabriqués dans ces conditions.

M. Régnard ajoute que, dans la fabrication des tubes Manesmann, on arrive à faire un tube qui ne soit un tube que sur une partie de sa longueur, on peut ainsi avoir un récipient, non pas avec un seul fond, mais avec les deux fonds faisant corps avec la pièce. En supposant qu'on fasse un emboutissage, on peut faire l'autre fond en restreignant le métal à chaud, de manière qu'il soit d'une seule pièce.

On ne peut jamais répondre d'une soudure; il suffit d'une trace d'altération dans la nature du métal pour que la soudure soit mauvaise. Il arrive qu'un métal excellent à froid devient cassant et présente de nombreuses facettes après soudure; il s'est cristallisé par suite d'une petite teneur en phosphore : c'est ce que les ouvriers appellent *brûlé*. On remarque justement des facettes de ce genre sur la surface d'encollage du fond du cylindre présenté. Rien de ce genre n'est à craindre avec les tubes sans soudure et la sécurité est beaucoup plus grande.

M. Bodin se range à l'avis de M. Carimantrand et pense que le mieux est d'avoir des fonds rapportés avec joints à vis, comme les fonds d'obus.

Car, lorsqu'on fait une presse hydraulique, si l'on veut être certain qu'il ne se produira pas de rupture entre la partie cylindrique et la partie demi-sphérique formant le fond, il faut faire la presse hydraulique en plusieurs pièces et séparer par un cuir embouti le fond de la partie cylindrique, de manière à la laisser librement se dilater sous la pression. On peut déterminer par le calcul les dimensions qu'il convient à la partie cylindrique, celles qu'il y a lieu de donner à la partie demi-sphérique, mais on ne peut préciser celles qu'il convient de donner au raccord et c'est toujours en ce point que le métal travaille le plus. C'est pour ce motif qu'il convient de former des pièces distinctes du cylindre et du fond et comme le joint avec cuir embouti est impossible ici, il faut adopter le joint à vis.

Stephenson a eu une rupture de presse hydraulique due à ce fait que le cylindre et le fond étaient d'une seule pièce; et cependant il avait eu le soin de faire le fond demi-sphérique et de nourrir beaucoup le raccord du fond avec la partie cylindrique.

M. J. Charton dit que du moment qu'il y a une réglementation au sujet du transport de l'acide carbonique liquide par voie ferrée, tous ceux qui ont recours à ce mode de transport doivent forcément s'y soumettre.

L'usage de l'acide carbonique liquide tend à se répandre de plus en plus; dans les brasseries notamment, surtout dans le Midi. Ce produit est, en ce qui concerne les chemins de fer, classé dans la première catégorie des matières inflammables et dangereuses, et par suite, les taxes de transport sont relativement assez élevées.

Les précautions imposées sont nombreuses. — Il en cite une qui a son importance dans le Midi: il ne faut pas que les récipients soient exposés aux rayons du soleil.

M. Béliard croit que le tarif dont parle M. Charton s'applique aux transports de chlore liquéfié et vise spécialement ce corps considéré comme dangereux.

M. Régnard désirerait savoir quelle est, dans le Midi de la France, pendant les grosses chaleurs, la température dans les wagons et sur les quais à marchandises et si elle ne dépasse pas souvent d'une manière très notable celle de 31° C. indiquée par M. Périssé comme point critique pour l'acide carbonique. Cette question de température lui paraît être de la plus haute importance et dominer toutes les autres. Il y a eu certainement imprudence à avoir un poêle allumé auprès de récipients de cette nature.

M. L. Rey répond qu'il a pu constater en Espagne, dans des wagons à marchandises, des températures, qui allaient jusqu'à 40 et même 42° C. Il est vrai qu'il s'agissait de wagons couverts simplement en tôle sans pavillon en bois au-dessous.

M. S. Périssé reconnaît l'importance de la question de température; cependant la question de l'emplissage est, dit-il, plus importante encore. Il a indiqué tout à l'heure la température de 31° comme point critique de l'acide carbonique liquide; mais cela n'implique pas qu'il y ait danger à cette température et même à une température s'élevant jusqu'à 45°, si la charge par litre n'est pas trop forte. Mais pour peu que l'emplissage de la bouteille ait été un peu plus considérable qu'il ne convient, le danger existe à une température bien inférieure. Un grand progrès sera réalisé quand on sera assuré que les bouteilles ne peuvent être chargées plus que ne le comporte leur volume intérieur réel. Quand le poids maximum de l'acide carbonique à introduire sera inscrit sur chaque bouteille, les Compagnies de chemin de fer pourront vérifier que ce poids n'est pas dépassé et on sera à l'abri des accidents. Actuellement elles n'ont aucun moyen de vérification et elles ne peuvent se conformer à la circulaire qui leur a été adressée. Elles sont donc amenées à accepter les bouteilles d'acide carbonique liquide telles qu'elles leur sont présentées; or une bouteille trop remplie peut, à la moindre élévation de température, se transformer en un obus explosif.

Un Membre fait observer que du moment que l'élévation de température peut constituer un danger, on devrait obliger les Cafés à placer leurs bouteilles d'acide carbonique liquide à la cave. Quelques-uns le font déjà, mais d'autres placent ces bouteilles près du comptoir, quelquefois non loin du poêle

M. Périssé dit qu'il y a eu déjà plusieurs explosions dans des Cafés, dont une à Moulins.

M. Régnard croit qu'un moyen simple pour s'assurer que le remplissage exact demandé par M. Périssé n'est pas dépassé consisterait à prolonger la tubulure d'entrée du liquide en la faisant pénétrer dans la bouteille; on pourrait alors, aussitôt après le remplissage, vérifier par une petite ouverture du robinet si c'est du gaz qui sort ou du liquide. La perte d'acide carbonique serait insignifiante et on aurait ainsi une

très grande sécurité; on serait certain que le niveau fixé pour le gaz liquéfié ne serait pas dépassé à l'intérieur.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. S. Périssé de son intéressante communication, un peu faite pour provoquer les appréhensions de ceux qui l'ont entendue.

Il signale qu'aujourd'hui même, à trois heures, il y avait devant l'Hôtel Terminus une voiture chargée de vingt-six bouteilles d'acide carbonique, quelques-unes ont été déposées dans les cafés, tandis que les autres se trouvaient exposées en plein soleil. Il est certain que le public ne se doute pas du danger qu'il court; il est de toute utilité de lui signaler en même temps que ces dangers, les moyens très sages recommandés par M. Périssé pour les éviter.

L'ordre du jour appelle la communication de M. G. DUMONT sur *l'application de l'Électricité à l'organisation des services mécaniques de l'Exposition universelle de 1900.*

Mais l'heure étant un peu avancée, M. le Président, avant de donner la parole à M. Dumont, consulte l'Assemblée pour savoir s'il n'y aurait pas lieu de renvoyer cette communication à la prochaine séance.

L'Assemblée ayant manifesté le désir que la communication ne soit pas ajournée, la parole est donnée à M. Dumont.

Le travail de M. Dumont sera publié IN EXTENSO au *Bulletin.*

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Dumont de cette étude dont le développement verbal, quoique fait de la façon la plus concise, a excité le plus vif intérêt; M. Dumont fait autorité en la matière et son étude sera consultée avec fruit.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. J. de Boisgrollier, R. Desmarres, Mollard et L. G. Worms, comme membres sociétaires.

MM. Ch.-M. Martel et P.-E. Simon sont reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

EXPOSITION DE BORDEAUX, 1895

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIETÉ

faisant partie du Jury des Récompenses.

M. J. AVRIL, *Secrétaire général de l'Exposition.*

Section I : Enseignement. — *Groupe 1 : Éducation et Enseignement.*

MM. E. CHABRIER et J. MANÈS.

Section II : Arts. — *Groupe 3 : Arts libéraux.*

MM. F. DEHAITRE et Paul AUGUSTE-GODCHAUX.

Groupe 6 : Arts industriels.

MM. J. HENRIVAUX et L. RENARD.

Groupe 8 : Médecine et Chirurgie, Hygiène, Médecine et Hygiène vétérinaires.

M. Eug. GENESTE.

Section III : Sciences sociales. — *Groupe 9 : Économie sociale.*

MM. RÉMAURY et Th. VILLARD.

Section IV : Agriculture. — *Groupe 15 : Viticulture, Vinification.*

MM. BOURDIL, PETIT DE FOREST et SIMONETON.

Section V : Vins, Spiritueux, Liqueurs et Boissons fermentées.

Groupe 19 : Boissons fermentées.

M. J. DOLLFUS.

Section VI : Industrie. — *Groupe 20 : Industries minéralurgiques.*

MM. ASTRUC, CAZES, P. SAILLARD et Ed. TARAGONET.

Groupe 21 : Industries mécaniques.

MM. COMPÈRE, A. MILLET, DUREY, HIGNETTE, A. LAURENT, THOMINE et Ch. VERRIER.

Groupe 22 : Industries chimiques.

M. J. LAGACHE.

Groupe 23 : Industries des produits alimentaires.

M. EGROT.

Section VII : Habitation. — *Groupe 25 : Industrie du bâtiment.*

M. A. BRICARD.

Section VIII : Transport, Génie Civil. — *Groupe 28 : Industrie des transports.*

MM, LEVASSOR, L. FRANCQ, L. LEMOINE et A. PEUGEOT.

Groupe 29 : Travaux publics, Architecture.

MM. Ed. COIGNET, DARDENNE, P. GROSSELIN et J.-B. HERSENT.

Groupe 31 : Génie maritime.

M. A. DE DAX.

Section X : Électricité. — *Groupe 32 : Électricité.*

MM. H. FONTAINE, HOSPITALIER, LOMBARD-GÉRIN, PICOU et POSTEL-VINAY.

COMMUNICATION

SUR LES

ESSAIS COMPARATIFS DU TRAVAIL ABSORBÉ

PAR

LES CABLES ET LES COURROIES

DANS LES TRANSMISSIONS DE MOUVEMENT

PAR

M. V. DUBREUIL

INGÉNIEUR ET ARCHITECTE

La communication que j'ai l'honneur de vous faire est relative à l'étude comparée des transmissions de mouvement par câbles et par courroies, et aux meilleures conditions d'établissement de ces transmissions.

Le travail qui résulte de cette étude (en dehors des expériences comparatives de force motrice que j'ai eu mission d'organiser et de présider l'année dernière, à Lille, sous le haut patronage de la Société industrielle du Nord de la France), comporte l'examen détaillé de 114 moteurs à vapeur de 100 à 1 300 *ch* l'un, — soit 494 *ch* en moyenne; ensemble, 56 494 *ch*.

Cela est vous dire, Messieurs, l'importance de ce travail et le soin que j'ai mis à l'établir dans les conditions d'indépendance la plus complète.

Car il faut qu'il soit bien entendu qu'en exposant le résultat de trente années d'expériences et d'observations, je ne viens pas ici faire le procès du câble ou de la courroie.

Non ; — je viens dans le but plus élevé de collaborer avec vous à l'œuvre commune que nous poursuivons : favoriser la marche perpétuelle en avant du Progrès appuyé sur la Vérité.

Historique.

Il se peut, Messieurs, que, dans l'exposé qui va suivre, quelques erreurs de date, d'appréciation ou d'origine se soient glissées à mon insu; si cela existe, je serai heureux de redresser l'erreur involontaire qui m'aura été signalée.

Ce fut à la suite d'expériences sur l'application des rubans de cuir aux transmissions de mouvement que la maison anglaise *James Combe et C^ie*, de Belfast, avait commencé à appliquer dès 1860, que la maison *Hicks Hargrane et C^ie*, sur les données de MM. *Combe, Barbour et C^ie*, successeurs de la maison *James Combe et C^ie*, construisit, en 1873, le premier grand volant, à câbles en chanvre, et fit ainsi une des premières (si ce n'est la première) grandes installations de commande directe à l'aide de câbles en chanvre.

Importé en 1874, chez MM. Wallaërt et Le Blan, filateurs de lin à Lille, par MM. *Combe* et *Barbour*, le système, alors très critiqué, parut assez concluant à M. Félix Vanoutryve, pour qui je construisais en ce moment une grande usine à Roubaix, et à M. Cornut, Ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord, conseil de M. Vanoutryve, pour que je fusse invité à en faire l'application dans la nouvelle installation que j'avais à créer.

En conséquence, les plans déjà faits pour actionner par engrenages les lignes d'arbres du tissage, furent modifiés, et une halle aux câbles en maçonnerie, la première du genre, je crois, fut imaginée par moi et établie.

Premier couloir a cables.

Encore un peu inquiet sur les résultats exposés, et désireux de comparer déjà à cette époque le rendement des courroies avec celui des câbles, je composai cette halle, longue de 35 *m*, en deux parties: l'une réservée pour trois arbres de transmission commandés par courroies, l'autre réservée pour quatre arbres actionnés par câbles.

Chaque ligne d'arbre absorbait de 15 à 20 *ch*.

Les conditions d'installation étaient les suivantes :

Première halle. Courroies.

Première ligne de transmission :

Distance d'axe.	6 *m*
Diamètre de la poulie	1,500 *m*
Vitesse linéaire	9,40 *m*
Largeur de courroie	200 *mm*
Épaisseur.	6 *mm*
Travail de la courroie calculé d'après la méthode que j'expose plus loin.	10 à 13 *kg* par cm^2

Deuxième ligne :

Mêmes conditions d'établissement, mais avec une distance d'axe de 10 *m*.

Troisième ligne, avec renvoi pour commander une autre ligne, soit 30 à 40 *ch* :

Distance d'axe	14 *m*
Diamètre de la poulie.	2,50 *m*
Vitesse linéaire	15,70 *m*
Largeur de courroie	250 *mm*
Épaisseur	6 *mm*
Travail	10 à 13 *kg*

Deuxième halle. Câbles.

Diamètre du câble en chanvre de manille, 48 *mm*.

Section effective $\frac{48^2 \times 3,14}{4} \times 0,65 = 11^c,80$.

Force transmise, 15 à 20 *ch* par ligne d'arbre.
Diamètre de la poulie, 1,50 *m*.
Vitesse linéaire, 9,40 *m*.

Distance d'axe :

Quatrième ligne. .	18 *m*,	vitesse linéaire. .	9,40 *m*.
Cinquième ligne. .	24 *m*,	— . .	9,40 *m*.
Sixième ligne . . .	26 *m*,	— . .	9,40 *m*.
Septième ligne . .	30 *m*,	— . .	9,40 *m*.

Travail du câble, pour *un câble* par ligne, *10,50 kg* à *13,50 kg*.

Deux câbles par ligne avaient été mis, ce qui réduisait l'effort à 5,25 *kg* à 6,75 *kg*, soit, avec l'usure au bout d'un certain temps, 6 à 8 *kg*.

A noter que pour les deux portées de 26 *m* et de 30 *m*, des poulies supports, en bois, de 1,50 *m* de diamètre, recevaient les brins, à l'aller et au retour, pour éviter que la flèche ne descendit trop bas et ne vint gêner les services.

Cette installation, complétée à 1300 *ch* à l'aide de poulies à vitesses plus accentuées, existe encore aujourd'hui, et continue à fonctionner parfaitement.

C'est à cette même usine, en 1878, que j'eus l'occasion de faire, à l'extérieur des bâtiments, une installation de 150 *ch* à l'aide de câbles allant transmettre la force à 8 *m* au-dessus du sol, sur un

châssis en fer de 7 *m* de portée remplaçant les massifs de transmission.

Cette installation fut le point de départ de tout un système d'attaques des arbres dans les ateliers, système qu'il me sera donné de développer plus loin.

Examen comparatif a l'installation de 1875 sur les transmissions par cables et par courroies.

Les comparaisons auxquelles je me livrai dès 1876 sur les deux systèmes de transmission installés chez M. Félix Vanoutryve, à Roubaix, dans des conditions absolument identiques, portèrent :

Sur la force motrice absorbée,
Sur le glissement,
Sur le prix de revient,
Sur la convenance,
Sur le résultat industriel.

Pour la *force motrice*, ne disposant, à ce moment, que des seuls diagrammes relevés sur la machine à vapeur, je ne me trouvai vraisemblablement jamais dans le cas d'avoir des résistances égales pour chaque expérience, et les renseignements que j'obtins ne furent pas très précis.

Néanmoins, la moyenne de ces expériences parut me démontrer qu'il n'y avait pas de différence entre les deux systèmes de transmission.

Pour le *glissement*, je constatai (d'accord en cela avec les ouvriers qui travaillaient aux lourds métiers Jacquard actionnés par les transmissions) que les courroies « perdaient » plus que les câbles. Il fallut, pour satisfaire au désir des ouvriers, changer, au bout de deux ans de marche à peu près, les poulies courroies par des poulies câbles.

Pour le prix de *revient*, la différence était tout à l'avantage du câble, puisque, *toutes choses égales d'ailleurs*, 1 cm^2 de courroie de transmission d'attaque *coûte 1,20 f*, tandis que 1 cm^2 de câble de manille ne vaut que 0,30 *f* posé.

Enfin, pour la *convenance*, et pour le *résultat industriel*, tout était à l'avantage des câbles dont l'élasticité emmagasinait les variations considérables produites dans le travail des métiers Jacquard, pendant que les arbres conduits par les poulies câbles formant volant ne cessaient de tourner régulièrement.

C'est à la suite de la constatation de ces bons résultats que M. Cornut, Ingénieur de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France, fit, en 1877, installer à Dunkerque, chez M. Vancauwenberghe, filateur de lin, par M. Boyer, constructeur à Lille, sur les données de la maison *Combe et Barbour*, de Belfast, la première transmission directe par câbles, du volant à la poulie réceptrice.

Voici quelles étaient les conditions d'établissement de ce premier moteur :

Vitesse linéaire des câbles, 14,36 *m* par seconde.
Diamètre du câble, 38 *mm*.
Force à transmettre, 500 *ch*.
Nombre de câbles, 26.
Force transmise par câble, 19,28 *ch*.
Travail par centimètre carré, 13,64 *kg*.

C'est alors que commencèrent les difficultés avec les habitudes prises; la lutte non seulement avec les idées de la clientèle, mais encore avec les intérêts des constructeurs, dont l'outillage n'était pas préparé à la révolution qui allait s'accomplir.

Vint l'Exposition universelle de 1878, où la maison Boyer, de Lille, fut la seule, je crois, exposant une machine à vapeur à volant câbles; toutes les autres maisons de constructions, françaises et étrangères, présentant des moteurs à volant courroies. Il devenait évident que la commande directe du volant par l'un ou par l'autre de ces moyens était résolue pour les plus fortes puissances à transmettre : la commande par engrenages, appliquée à l'espèce, avait vécu.

La lutte allait désormais se circonscrire et devenir plus intense entre la courroie et le câble;

Entre Manchester et Gand, par exemple, qui fabriquaient et utilisaient de superbes courroies, dont quelques-unes atteignaient *3,400 m* de largeur,

Et Belfast, Lille et Roubaix qui luttaient pour le câble. Entre Paris qui, à cette époque, ne construisait pas encore de grands moteurs (du moins exceptionnellement) et la province, où le mouvement, parti du Nord, se répandait dans l'Est et dans l'Ouest.

Qui des deux allait vaincre? Fort heureusement, le système par câbles, vulgarisé aux Expositions d'Anvers (1885), Paris (1889) allait, par la concurrence, être la cause d'industries nouvelles dont tout le monde devait profiter.

Non seulement, en effet, la fabrication des cuirs et celle des cordages se perfectionna; mais la lutte fit utiliser des produits nouveaux : le coton, le poil de chameau, etc.

Et, en résumé, aucune des industries concurrentes ne périclita.

Observations sur les cables.

Ce qui frappe surtout dans l'emploi des câbles, c'est la douceur du mouvement, l'absence de bruit, même aux rattaches, quand les câbles sont bien entretenus, et la sensibilité des brins toutes les fois que quelque chose d'anormal se passe à la Puissance ou à la Résistance.

Qu'un moteur trop chargé fonctionne irrégulièrement; qu'un condenseur s'amorce et se désamorce, au cours d'une mise en route ou d'un arrêt; que les résistances soient très variables, on voit les câbles osciller, emmagasinant, par leur élasticité, les variations de vitesse ou d'effort, pendant que les arbres de transmission récepteurs ne cessent (si les variations ne sont pas trop exagérées) de tourner régulièrement.

Cette particularité a rendu les plus grands services dans bien des cas, surtout dans les transformations d'usines commandées par des engrenages et par des arbres rigides incapables de régulariser le mouvement.

Arbres non parallèles.

Les câbles rendent encore de grands services quand les arbres de transmission ne sont pas parallèles. On peut aussi, à la condition d'écarter convenablement les gorges, les faire fonctionner à brins croisés, et les obliger aux directions les plus capricieuses.

Je dois à ce sujet signaler l'installation de la filature de *Cire-les-Mello* (Oise) et celle de *MM. Moisant, Laurent, Savey et C^ie^*, constructeurs à Paris, qui présentent, l'une et l'autre, des caractères particuliers et intéressants.

Conditions d'établissement des transmissions par câbles et par courroies.

Diamètre des poulies et des câbles. — La résistance due à la raideur des cordes étant représentée par la formule $R = 0{,}26 \times \frac{ad^2}{D}$, dans laquelle R est exprimé en kilogrammes; a, tension du brin qui s'enroule en k; d et D le diamètre respectif du câble et de

la poulie en centimetres. On voit de suite que plus D sera grand par rapport à *d*, plus R sera faible.

Pratiquement, D doit être au moins trente fois *d*.

Vitesse linéaire. — La vitesse linéaire par seconde ne doit pas être, pour les transmissions par câble, inférieure à 8 *m* et supérieure à 25 *m*.

Pour les courroies on peut descendre à 3 *m*, en augmentant la largeur dans une certaine proportion; mais il est prudent de ne pas aller au-dessus de 20 *m*.

Au-dessus de 20 *m* pour les courroies, et 25 *m* pour les câbles, la force centrifuge (qui déjà est nuisible à l'adhérence des courroies, et favorable, au contraire, au travail des câbles) devient nuisible dans les deux cas.

Distance des poulies entre elles. — En raison du coefficient de frottement, qui est 25 0/0 plus élevé aux câbles qu'aux courroies, comme nous le montrerons plus loin, les câbles se comportent mieux distendus, et les courroies tendues.

Par conséquent, les longues distances sont plus favorables aux câbles qu'aux courroies, le poids même du câble étant un facteur favorable à ce dernier pour faciliter sa sortie des gorges. Ces distances varient de 6 à 30 *m* pour les câbles, sans appui intermédiaire, et de 4 à 15 *m* pour les courroies.

J'ai cependant installé des câbles avec 100 *m* de portée, avec un appui intermédiaire (chantier de construction de l'hôpital des fous, à Tournai), et d'autres avec 5 *m* seulement qui fonctionnent depuis 1877 chez MM. Heindrick-Dormeuil, à Roubaix. D'autres même avec 3,50 *m*; mais ce sont là des exceptions.

Position des brins tendeurs et tendus. — Contrairement à une opinion répandue, j'estime qu'il est préférable, dans la plupart des cas, et quand cela se peut, de placer le brin conducteur *au-dessus* de la ligne des axes, afin d'utiliser les bons effets de la force centrifuge, et du poids même du câble, à l'effet de diminuer la force motrice absorbée.

Cependant quand la distance entre les axes est inférieure à 7 ou 8 *m*, ou encore quand il y a un rapport de diamètre de poulies inférieur à 1/3, il est mieux de mettre, si on le peut, le brin conducteur *en dessous*.

Aux essais de la Société industrielle du Nord de la France, sur la force absorbée par les câbles, les brins conducteurs de la ma-

chine à vapeur étaient *au-dessus*, le rapport des poulies était de $\frac{1,50}{5}$ ou $\frac{30}{100}$ pour 160 *ch* développés au piston, le diamètre des câbles 45, et le glissement n'atteignait que 0,329 0/0 quand il a varié de 0,78 à 0,961 aux courroies.

Rapport des poulies. — Étant entendu que le diamètre de la plus *petite poulie* doit être au moins trente fois le diamètre du câble, il est bon de ne pas descendre au-dessous de 1/4 pour le rapport des diamètres.

Nature des câbles. — Les câbles peuvent être en chanvre de manille à trois torons, ou en coton. Le manille paraît préféré en Irlande, et le coton à Manchester. Le chanvre est meilleur marché que le coton et plus durable dans la plupart des cas, puisque j'en ai relevé ayant plus de dix ans de marche industrielle ; mais le câble en coton est plus souple, en revanche il est plus cher.

Diamètre des câbles. — Le diamètre des câbles varie avec la nature des installations, et avec le diamètre des poulies. Les gros câbles de 40 à 55 *mm* de diamètre ont l'avantage d'exiger un moins grand nombre d'éléments que les petits; mais comme les petits câbles peuvent travailler par centimètre carré presque au double des gros, il arrive parfois qu'il ne faut pas plus de petits câbles à une installation raisonnée qu'il n'en faudrait de gros, pour la même installation. C'est question de convenance.

Nombre de câbles. — Le nombre de câbles varie avec la nature du câble, son diamètre, et l'effort que ce câble doit supporter par centimètre carré.

Il varie aussi avec la nature de l'industrie. Ainsi, pour *une même force motrice développée*, il faudra trois fois moins de câbles pour conduire une carderie et un peignage de laines que pour actionner une retorderie de coton au mouillé, composée de métiers « self acting ».

(Les tableaux qui vont suivre feront ressortir ces différences.)

Surface carrée des câbles. — Il faut distinguer dans le câble le diamètre apparent et le diamètre réel.

Pratiquement, j'ai suivi la règle suivante :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \times 0,65,$$

S étant la somme des sections des trois torons, et D le diamètre apparent du câble.

M. Cornut, Ingénieur de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord, ayant trouvé que $D = 2{,}85\ d$, avait posé :

$$S = \frac{3\pi d^2}{4} = \frac{3\pi D^2}{4 \times 2{,}85^2} = 0{,}5097 \times D^2.$$

Ces deux formules donnent les mêmes résultats.

Si nous prenons, par exemple, un câble de 50 *mm* et un câble de 40 *mm*, la formule Cornut fournit :

$$S = 0{,}5097 \times \begin{cases} 50^2 & = 12{,}74 \\ 40^2 & = 8{,}15 ; \end{cases}$$

la mienne :

$$S = 0{,}650 \times \begin{cases} \dfrac{3{,}14 \times 50^2}{4} = 12{,}75 \\ \dfrac{3{,}14 \times 40^2}{4} = 8{,}16. \end{cases}$$

Circonstance de l'usure des câbles par le travail. — Il y a lieu de tenir compte de l'allongement et de l'usure des câbles, au cours de leur emploi. Cet allongement, qui diminue le diamètre, dépend de bien des causes : nature de la matière, soins de fabrication, travail du câble, etc. Aussi est-il prudent de commander ces câbles 12 à 15 0/0 plus grands que le diamètre utile.

Poulies. — Les poulies doivent être *parfaitement équilibrées* sur chevalets, et non pas sur le tour. Les gorges doivent être bien semblables les unes aux autres, ainsi que les diamètres correspondants des deux poulies en présence. Chaque gorge doit être dégagée de fonte, de manière à rendre la jante de la poulie aussi légère que possible, et ne pas créer, par l'addition de ces poulies, une somme de forces vives qui pourrait, à un moment donné (surtout à l'arrêt et à la mise en route du moteur), paralyser l'action du volant et occasionner des accidents.

En général, les poulies ne doivent pas dépasser, pour des gorges de 45 à 50 *mm*, 1 *kg* par centimètre de diamètre de poulie et par gorge.

Soit, pour une poulie de 2 *m*, à quatre gorges :

$$200 \times 1 \times 4 = 800\ kg.$$

Cette règle, vraie pour les poulies de trois à six gorges, et pour câbles de 45 à 50 *mm*, se modifie ainsi qu'il suit pour d'autres cas :

Poulie à une seule gorge de 45 à 50 *mm*, poids: 2 *kg* par centimètre au lieu de 1 *kg*, au moins;

Poulie à deux gorges: 1,300 *kg*, au lieu de 1 *kg*, à 1,500 *kg*, suivant la forme du moyeu;

A huit gorges, quand il n'y a qu'un seul bras : 0,850 *kg*, au lieu de 1 *kg*.

Pour les câbles de plus petit diamètre, il faut multiplier les résultats qui précèdent par 0,65 à 0,85, suivant les cas.

Comme vous le voyez, ces règles sont toutes empiriques ; elles n'ont pas d'autre objet que de permettre à l'Ingénieur ou au propriétaire de se rendre compte à l'avance du résultat sur lequel il doit compter.

Arbres et paliers. — Tous les ouvrages de mécanique donnent des formules pour le calcul des arbres et pour celui des paliers de transmission.

Ces formules ne tiennent pas suffisamment compte des tensions énormes qui se produisent au montage de câbles neufs, ou quand les câbles sont mouillés. Aussi y a-t-il lieu de renforcer les coefficients.

Il ne faut, d'ailleurs, jamais porter au-dessous de 75 à 85 *mm* le diamètre d'un arbre portant une poulie à gorge, car le seul fait de la présence de cette poulie, n'eût-elle à transmettre qu'un centième de cheval, est un avertissement.

Pour les arbres, on distinguera entre les efforts de torsion et ceux de flexion, précisément à cause de la nature d'efforts que je viens de citer, et qui sont capables, en faisant frein, d'arrêter net le moteur en marche.

Pour la torsion, on se servira, soit de la formule que j'ai utilisée avec tant de réussite :

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{n}} \times 350 \text{ à } 420, \text{ arbre en fer;}$$

La même $\times$ 0,85, arbre en acier Siemens :

soit celle de M. Cornut :

$$d = 150 \text{ à } 250 \sqrt[3]{\frac{T}{n}};$$

ou telle autre basée sur la pratique.

d représentant, dans ces formules, le diamètre du tourillon ;

T le nombre de chevaux ;

n le nombre de tours de l'arbre

Pour la flexion, entre les paliers, on tiendra compte du coefficient de rupture, en tension, du câble (comme il sera exposé plus loin à l'étude des massifs), et de la rainure de la clavette. Quant aux dimensions du palier, pour sa largeur, on ne tiendra pas compte seulement de la donnée pratique si connue des constructeurs :

$$L = 1 \text{ fois } 1/2\, d, \quad \text{ou} \quad l = 2d,$$

L étant la largeur du palier, et d le diamètre de l'arbre.

On posera la formule $L = \frac{P \times N}{1\,000}$, dans laquelle P est le poids sur le coussinet, en kilogrammes, N le nombre de tours de l'arbre, et L la largeur du coussinet en centimètres ; et si, par l'application de cette formule empirique, on obtient un résultat absurde, on reportera les charges de façon à rendre la formule pratiquement exécutable.

Je dois, à ce sujet, quelques explications.

Après avoir, en 1875, commencé mes premières installations par câbles, je m'aperçus qu'il arrivait parfois que des coussinets chauffaient. Je me mis en observation, et pendant trois ans j'examinai non seulement les résultats que donnaient mes installations, mais aussi toutes celles que je ne faisais pas ; et au commencement de 1877. je pus représenter par la formule suivante le résultat de mes observations.

p, la pression par centimètre carré sur un coussinet, multiplié par v, la vitesse linéaire et circonférencielle de l'arbre, est égale à une constante 5,21 pour toutes les installations fonctionnant bien.

D'où, en remplaçant p et v par leurs valeurs, et en appelant :

P la pression totale sur le coussinet,
N le nombre de tours de l'arbre,
D le diamètre de cet arbre,
L la largeur du coussinet,

je pus écrire :

$$p = \frac{P}{L \times D};$$

$$v = \frac{3{,}14 \times D \times N}{60};$$

$$p \times v, \text{ ou } 5{,}21 = \frac{P \times 3{,}14 \times D \times N}{L \times D \times 60};$$

d'où : $$L = \frac{PN}{100};$$

soit, en tenant compte que 5,21 est fonction en centimètres carrés, et en ramenant le résultat en millimètres :

$$L = \frac{PN}{1\,000},$$

ce qui revient à dire que le diamètre de l'arbre n'a pas d'importance dans le calcul de la largeur du coussinet. Ce sont le poids sur la pièce et le nombre de tours de l'arbre qui constituent, surtout, les facteurs intéressants.

Quand le résultat est absurde, c'est-à-dire quand il donne une largeur de palier impraticable, ou contraire aux règles usuelles de la construction, c'est qu'en raison du poids et de la vitesse, il faut augmenter le nombre de portées de manière à ne jamais donner à un arbre plus de deux fois et demie son diamètre, ou moins d'une fois.

Cette observation, très importante pour fixer la largeur des paliers et mettre en garde les Ingénieurs contre les charges et les vitesses très grandes, a été présentée en 1880 aux ateliers de Bischwiller (Alsace), à l'époque où je construisais un grand établissement de filature à Malmerspach. Depuis, elle ne m'a fourni que de bons résultats.

Présentée à la Société industrielle du Nord de la France, en 1891, la formule a été discutée et critiquée en Assemblée générale par M. Letombe, Ingénieur des Arts et Manufactures, secrétaire-adjoint de la Société.

Voici, à ce sujet, ce qui peut se lire aux pages 366 et 367 du bulletin de la Société, au troisième trimestre 1891 :

« ... La formule de M. Dubreuil ne correspond qu'à une seule condition : celle qui exprime que le travail de frottement, au contact du tourillon et du coussinet, ne dépasse pas une certaine valeur au delà de laquelle les lubrifiants sont brûlés.

» Si on appelle Tf le travail de frottement qu'il ne faut pas dépasser, et f le coefficient de frottement qui convient aux métaux en présence, le rapport $\frac{Tf}{f}$ est justement l'expression du produit dont M. Dubreuil a remarqué la *constance*. Or, Tf et f sont fort difficiles à déterminer, et on ne peut arriver à connaître ces valeurs que par l'observation. M. Dubreuil a pris la meilleure méthode; il a déduit ce rapport d'installations fonctionnant bien.

» Il faut remarquer néanmoins qu'en appliquant la formule, on doit pécher par excès, parce que la valeur $\frac{Tf}{f}$ correspondante n'exige qu'un travail de frottement extrêmement faible et admet un coefficient de frottement très élevé. Le graissage pourra donc être défectueux sans amener d'échauffement.

» Enfin, la formule pourrait encore se trouver en défaut dans certains cas, puisqu'elle ne tient pas compte de toutes les conditions nécessaires à la détermination des tourillons. »

Ces conclusions sont d'accord avec ce que j'ai dit moi-même : c'est une formule *empirique* qui n'a pas d'autre but que de signaler, par son emploi, les erreurs dans lesquelles on pourrait tomber, en donnant à des coussinets des charges trop grandes à supporter, pour une vitesse déterminée des tourillons de l'arbre de transmissions.

Au sujet de cette formule, M. Bertrand de Fontviolant, Ingénieur des Arts et Manufactures, m'a observé, au cours de ma communication du 21 juin 1895 à la Société des Ingénieurs Civils de France, que la règle que j'ai exposée, nullement empirique, suivant lui, est connue depuis fort longtemps. Elle serait, d'après M. de Fontviolant, enseignée depuis vingt ans à l'École Centrale, et sa démonstration, entièrement *théorique*, fondée sur la considération de l'échauffement produit par le frottement des tourillons sur les coussinets, aurait été publiée dans plusieurs ouvrages, notamment dans le *Traité de résistance des matériaux* de M. V. Contamin (édition de 1878) ; les valeurs numériques des coefficients entrant dans la formule, dont cette règle est la traduction, résultent d'expériences pratiques.

Je réponds à M. Bertrand de Fontviolant que je n'ai pas la prétention d'avoir découvert, en 1877, un an avant la publication de M. Contamin, les relations de la longueur des paliers avec le poids sur ces paliers, et avec la vitesse de l'arbre ; mais je crois avoir été le premier à trouver la constante $p \times v = 5{,}21$, de laquelle j'ai déduit $L = \frac{P \times N}{1\,000}$.

Je suis fort heureux, à ce sujet, de m'être trouvé d'accord avec notre éminent et regretté Président M. Contamin, mais je maintiens que la formule est *empirique*, c'est-à-dire dangereuse, et qu'il faut savoir en user.

J'ai eu, en effet, parfois, des cas à résoudre où une charge de 5 000 *kg* sur un arbre marchant à 300 tours, par exemple, m'au-

rait conduit à un palier de 1,500 *m* de largeur, ce qui n'est pas pratique; et si, comme cela est vrai, et comme le dit avec moi M. de Fontviolant, cette impossibilité avait l'avantage d'appeler mon attention sur la nécessité de diviser les charges, il n'en est pas moins exact que rien dans la formule ne m'indiquait jusqu'où elle était capable de me guider sûrement.

Le problème ne pouvait se résoudre que par la *sensation* de ce qu'il y avait lieu de faire, et cela n'est pas le rôle d'une formule *mathématique* de ne donner que des résultats qui obligent à se faire cette *sensation*.

Bien au contraire de ce que fournit une formule *empirique*, une formule mathématique doit être claire, précise et indiscutable dans ses résultats, ou alors ce n'est pas une formule *mathématique*.

Tout cela n'a du reste aucune importance : que la formule soit ou ne soit pas empirique; que je l'aie trouvée le premier ou non, il n'en est pas moins exact que, jointe à d'autres, elle m'a permis d'installer convenablement 40000 *ch* environ, par câbles; et c'est là le principal du sujet.

Formes des gorges

Le diamètre du câble commande les dimensions de la gorge, mais la forme de cette gorge obéit à la règle suivante *(fig. 1)*.

La section se compose de deux parties verticales parallèles ou obliques *ab*, *a'b'* raccordant deux parties courbes *bc*, *b'c'*, déterminées par deux droites *bc*, *b'c'*, inclinées sur l'autre de 38 à 48° suivant l'emploi qui doit être fait de ces gorges, et d'un arc de cercle *cc'* raccordant les deux courbes *bc*, *b'c'*.

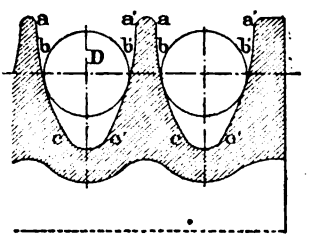


Fig. 1.

L'angle de 45 à 48°, qui donne le coefficient de frottement le plus faible, convient aux câbles horizontaux; celui de 42 à 44° aux câbles plus ou moins obliques, l'angle de 43° paraissant être le plus convenable pour les inclinaisons à 45°, et celui de 38 à 41°, aux câbles se redressant entre 50 et 90°.

En principe, les câbles ne doivent jamais toucher au fond des gorges; ils doivent, en s'usant, rester coincés dans le V des gorges, de manière à ne jamais occasionner un glissement supérieur à 0,35 0/0. La désagrégation des filaments survient avec des glis-

sements plus forts, et cela se voit immédiatement à la marche des câbles, comme à l'arrêt.

Graissage des cordes

Il est bon de graisser les câbles modérément, de façon à les rendre souples, sans pour cela favoriser le glissement : c'est un des soins délicats à observer pour l'entretien des câbles.

L'huile de ricin, employée très modérément une ou deux fois par mois, est à recommander pour les câbles en chanvre.

Quant aux câbles en coton, beaucoup de compositions existent qui se disputent la faveur des industriels.

En règle générale, quand le câble est bien uni et luisant, il est inutile de le graisser.

Frottement dans les poulies a cables et a courroies

MM. Parce frères, de Dundee, ont fait au sujet de la détermination du frottement, diverses expériences intéressantes que mentionne le tableau suivant :

CABLE ou COURROIE	CIRCONFÉRENCE du CABLE	LARGEUR de la COURROIE	DIAMÈTRE de la POULIE	CHARGE suspendue A UN BOUT	POIDS A L'AUTRE BOUT POUR EMPÊCHER LE GLISSEMENT		ÉTAT
					Poulie non graissée	Poulie graissée	
Câble. .	0,188 *m*	»	1,450 *m*	152,5 *kg*	25,424 *kg*	46,308 *kg*	Un peu usé.
Câble. .	0,153	»	1,450	152,5	12,712	40,860	Neuf.
Câble. .	0,133	»	1,450	152,5	6,356	—	Neuf.
Courroie	»	0,153 *m*	1,372	152,5	44,492	60,382	Courroie double de 9 1/2 *mm* d'épaisseur.
Courroie	»	0,102	1,372	152,5	51,302	—	Simple, demi-usée.

La poulie employée pour les câbles avait une gorge pour un câble de 0,159 *m* de circonférence, l'angle du V étant de 40°. Les câbles et les courroies embrassaient la moitié de la circonférence.

Si nous recherchons le coefficient de frottement, nous trouvons pour les cinq expériences :

$$\frac{152,5 - 25,424}{152,5} = \text{coefficient.}$$

		Poulie non graissée.	Poulie graissée.
Expérience n° 1.	Câble.	0,83	0,69
— 2.	Câble.	0,91	0,73
— 3.	Câble.	0,96	»
— 4.	Courroie . . .	0,70	0,60
— 5.	Courroie . . .	0,65	»

Si nous faisons la moyenne des trois premiers coefficients sur les câbles, nous trouvons 0,90. La moyenne des expériences sur les courroies donne 0,68; la différence est donc de 0,22 en faveur des câbles, c'est-à-dire de 25 0/0.

Les expériences 2 et 3 qui ont été faites avec des câbles neufs mettent bien en évidence le mode d'action des câbles dans les gorges.

En effet, la poulie étant la même, on voit qu'au fur et à mesure que le diamètre du câble diminue, comme il descend plus avant dans le V, le coefficient augmente. Le même fait se passe quand le câble étant en travail, il se trouve soumis à des tensions différentes : son diamètre augmente et diminue proportionnellement aux efforts de traction, et par suite avec l'effort à transmettre.

Ce point est important et montre combien ce système de transmission est rationnel.

Les expériences faites sur les poulies graissées mettent en évidence les pertes considérables que ce mode de procéder fait éprouver par le glissement (1).

Si l'on compare les essais de M. Parce sur le glissement avec ceux de la Société industrielle du Nord, on voit que là où M. Parce accuse 25 0/0 de différence, au profit des câbles, les expériences de la Société ont noté 0,329 0/0 pour les câbles et 0,780 à 0,961 pour les courroies ; c'est-à-dire près de 60 0/0 — on peut donc admettre dans les calculs qui vont suivre les coefficients de frottements indiqués ci-dessus.

Massifs.

L'emploi des courroies et des câbles, des câbles surtout, me suggéra, dès 1877, l'idée de supprimer les massifs de transmission jusqu'alors employés pour recevoir les engrenages, et peu à peu,

(1) Cette note relative aux expériences de Dundee est extraite de considérations exposées par feu M. Cornut, Ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France.

par essais successifs, j'arrivai à l'installation de forces qui dépassent 1 000 *ch* pour un seul moteur sur de simples châssis en fer, quelquefois longs de 6, 7 et même 14 *m* entre leurs prises d'appui dans l'épaisseur des murailles ou sur des colonnes spécialement disposées.

De grands halls, dont un des plus complets, est celui de la Société anonyme de peignage de Roubaix, établissement que j'ai érigé il y a quelques années sur 57 000 m^2. Ce hall, qui a fait récemment l'objet d'une visite de la Société industrielle du Nord de la France, a 130 *m* de longueur sur 6 *m* de largeur, et aucune des lignes d'arbres, attaque exceptée, ensemble 600 *ch*, n'a de massifs pour recevoir ces arbres qui traversent tout le hall sur ses 6 *m* de largeur. Plusieurs attaques directes de 200 à 1 200 *ch* ont été créées dans cet esprit, les murailles, dans bien des cas, ayant été remplacées par des colonnes convenablement installées.

Principes suivis pour l'installation des chassis remplaçant les massifs

Les installations par câbles marchant sans chocs, l'effort qui tend à arracher les supports des transmissions est un effort régulier dont la *grandeur* est fonction des résistances, et dont la *direction* est résultante de la direction des deux brins, composée avec la verticale représentant le poids total de l'appareil portant les paliers et les poulies.

Par conséquent, déterminer cette résultante en longueur et en direction, et calculer un poutrage susceptible, par sa forme, ses dimensions, son poids et son attelage, d'y faire équilibre constituent les deux termes du problème à résoudre.

Voici, à ce sujet, sur quelles considérations je me suis appuyé.

J'ai pris comme base la formule axiome $T = f \times e$; le travail T est égal à l'effort f multiplié par le chemin parcouru e' et j'ai appliqué cette formule aux brins en mouvement, dont le conducteur a charge de produire la somme de travail utile pour vaincre les résistances.

Pour bien fixer les idées :

Supposons un travail de 400 *ch* à transmettre, ou 30 000 *kgm*, et négligeons, pour la facilité de l'étude, la puissance absorbée par les frottements du moteur.

Admettons encore que ces 400 *ch* sont transmis à l'aide de vingt câbles de 10 cm^2 l'un, ou par une courroie de 2 *m* de largeur et 10 *mm* d'épaisseur, marchant à 20 *m* par seconde

D'après ce qui précède, l'effort f sera égal à $\frac{T}{e} = \frac{30000\,kg}{20\,m}$ $= 1{,}500\,kg$;

Soit pour 200^{c2}, 7,500 *kg* par centimètre carré de brin conducteur.

Admettons maintenant un excès de tension des brins, excès qui augmente les résistances, en formant frein;

Ou bien le travail augmentera si l'on conserve la même vitesse (A);

Ou bien, si le travail reste le même pour ne pas fatiguer le moteur, la vitesse diminuera (B).

Supposons une résistance de 30 000 *kg* au lieu de 1,500 *kg*.

Dans le premier cas, on aura :

(A) $T = f \times e = 30\,000\ kg \times 20\ m = 600\,000\ kgm = 8\,000\ ch.$

Dans le second cas on aura :

(B) $$e = \frac{T}{f} = \frac{30\,000}{30\,000} = 1\ m.$$

C'est-à-dire que sous cette action anormale :

(A) ou le moteur donnera *au-dessus* de 400 *ch* tout ce qu'il pourra fournir;

(B) ou la vitesse baissera dans la proportion qui n'aura pas été fournie en puissance, jusqu'à s'éteindre s'il y a lieu, et le câble ou la courroie passera de 7,500 *kg* par centimètre carré à $\frac{30\,000}{200} = 150\ kg$ comme expression de son travail.

Les câbles neufs ne se rompant qu'à 8 ou 900 *km*, les courroies à 250 ou 550, suivant qu'elles sont en cuir, en coton non tissé teint à l'oxyde de fer, ou tissé teint, on voit que la charge de 150 *kg* correspondra à des usures ou à des vices de matières, ou encore à de mauvaises rattaches; mais, en tous les cas, on pourra la considérer comme un maximum pour le calcul de toutes les pièces qui doivent lui faire équilibre dans l'établissement des massifs ou des supports les remplaçant.

Par ce qui précède, vous voyez, Messieurs, l'importance qui s'attache à cette formule, à mon avis, très logique ($T = f \times e$) pour la détermination de l'effort et, par conséquent, des sections à donner aux câbles et aux courroies.

La fonction de l'adhérence, dans ce cas, restant dépendante du rapport du diamètre du câble ou de l'épaisseur de la courroie avec le plus petit diamètre de poulie enroulée, dépendance fixée par la pratique des observations et aussi par la nature des objets en contact.

Le journal *L'Énergie électrique*, dans son numéro du 16 mars 1895, donne une bonne formule empirique pour la détermination des dimensions des courroies :

$$\text{ou} \begin{cases} L = \dfrac{N \times 12\,700}{D \times R} \text{ (courroies doubles)} \\ L = \dfrac{N \times 19\,050}{D \times R} \text{ (courroies simples)} \end{cases}$$

dans laquelle L est la largeur de la courroie en centimètres; N le nombre de chevaux à transmettre; D le diamètre de la poulie en centimètres; R le nombre de tours par minute.

Cette formule n'indique pas l'effort demandé aux brins, mais elle tient compte de l'adhérence plus grande des courroies minces, en même temps qu'elle exige du cuir un effort plus grand par centimètre carré.

En supposant :

$$R = 200 \text{ tours},$$
$$D = 200 \text{ } cm,$$
$$N = \begin{cases} 400 \text{ } ch, \\ 1\,000 \text{ } ch, \end{cases}$$

on aura :

$$\left.\begin{aligned} L &= \frac{400 \text{ } ch \times 12\,700}{200 \times 200} = 1{,}27 m \\ L &= \frac{1\,000 \times 12\,700}{40\,000} = 3{,}17 \text{ } m \end{aligned}\right\} \text{ courroies doubles}$$

$$\text{Pour courroies simples} = \begin{cases} 1{,}950 \text{ } m \\ 4{,}760 \text{ } m. \end{cases}$$

La formule $T = f \times e$ aurait, pour ces exemples, donné les résultats suivants en faisant $f = 10\,kg$, $e = 20\,m$, et en appelant E, l'épaisseur de la courroie, et L sa largeur.

$$T = f \times e \times LE,$$

d'où :

$$L = \frac{T}{f \times e \times F},$$

soit, en courroies doubles donnant $E = 10\,mm$, pour 400 *ch* :

$$L = \frac{400 \times 75}{10\,kg \times 20\,m \times 10\,mm} = 1{,}500\,m;$$

pour 1 000 *ch* :

$$L = \frac{1\,000 \times 75}{10\,kg \times 20\,m \times 10\,mm} = 3{,}750\,m;$$

avec courroies triples, pour 1 000 *ch* :

$$L = \frac{1\,000 \times 75}{10\,kg \times 20\,m \times 14\,mm} = 2{,}680\,m;$$

et, avec 12 *mm* d'épaisseur :

$$L = \frac{1\,000 \times 75}{10\,kg \times 20\,m \times 12\,mm} = 3{,}12\,m,$$

résultats qui se rapprochent de ceux indiqués par la formule du journal *L'Énergie électrique*.

Ces considérations établies, voyons, par un exemple, la marche à suivre dans la pratique.

Supposons *(fig. 2 et 3)* deux châssis, en fer ou en fonte, composés de deux poutres A, B, suffisamment espacées pour contenir

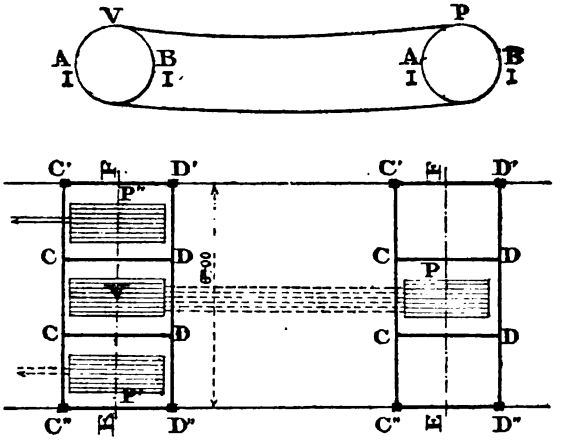


Fig. 2 et 3.

une poulie P qui reçoit son mouvement d'une poulie V, ou le lui transmet.

Huit autres poutres CD, C'D', C''D'', assez larges pour porter les paliers de l'arbre EF, forment entretoises.

Le tout est porté sur quatre colonnes buttées dans le sens de la direction des efforts, ou sur un pylone isolé approprié, ou encore les poutres principales A, B, reposent dans deux murs parallèles formant couloir de transmissions.

Supposons 6 *m* de largeur à ce couloir.

Vingt câbles de 45, ensemble 200 cm^2, ou une courroie de même section, sont chargés de transmettre 400 *ch*, représentés en résistance par la tension des brins, les frottements divers et

le travail des machines, et en chemin parcouru par la vitesse d'enroulement du câble conducteur.

L'effort transmis à l'ensemble du système est égal à la somme des tensions $T + t$.

D'après les expériences les plus récentes (voir pages 42 et 43), le rapport $\frac{T}{t}$ varie de 3 à 4 pour les courroies, et de 6 à 25 pour les câbles, suivant que les poulies sont ou ne sont pas graissées.

Ce qui permet, en moyenne, d'écrire :

$$\frac{T}{t} = 3{,}18 \text{ pour les courroies,}$$

$$\frac{T}{t} = 12 \text{ pour les câbles,}$$

chiffres correspondant aux coefficients de frottement 0,90 (câbles) et 0,68 (courroies) (page 43), au lieu de 0,28 donné par Claudel.

On a, par suite, pour les courroies :

$3{,}18\,t = T$; d'où, $T + t = 1{,}915\,(T - t) = 1{,}915 \times 1\,500 = 2\,862$ *kg*

pour les câbles :

$12\,t = T$; d'où, $T + t = 1{,}18\,(T - t) = 1{,}18 \times 1\,500 = 1\,770$ *kg*

Soit 1 800 *kg*.

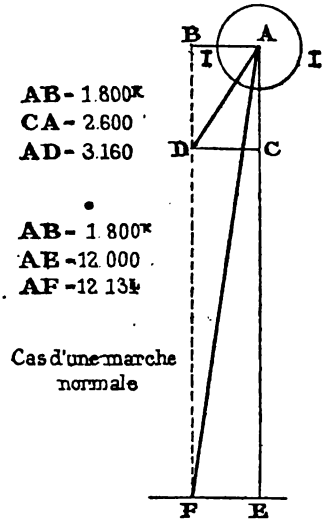


Fig. 4.

Admettons, d'autre part, que le demi-poids de l'arbre et de la poulie, entre deux coussinets, soit égal à :

$$\frac{5600}{2} = 2\,800 \text{ } kg,$$

et que le poids total de l'appareil, y compris le châssis, entre les appuis, soit de 12 000 *kg*.

Par le centre de la transmission *(fig. 4)*, nous composerons deux parallélogrammes de forces *1 800*, *2 800* et *12 000*, et les deux résultantes AD et AF donneront la mesure et la direction des pressions auxquelles les paliers et le châssis devront faire équilibre.

Si maintenant, au lieu d'un effort normal de 1 500 *kg* résultant du travail normal transmis à raison de 20 *m* par seconde, soit 7,500 *kg* par centimètre carré de section du câble ou de la courroie, nous admettons l'effort maximum de 150 *kg* qui a été

déterminé ci-dessus (page 45), nous aurons pour $T = f \times e$, en supposant le même travail développé sur la surface des pistons du moteur :

$400\,ch \times 75\,kg = 150\,kg \times 200\,cm^2 \times e$ (vitesse par seconde),

d'où : $e = 1\,kg$,

$f = 30\,000\,kg$;

d'où : $T + t =$ pour la courroie $1{,}915 \times 30\,000 = 57\,450\,kg$,

$T + t =$ pour les câbles $1{,}18 \times 30\,000 = 35\,400\,kg$.

Ces résultats, qui correspondent, ainsi que nous l'avons vu, aux accidents les plus exceptionnels, permettent de donner encore

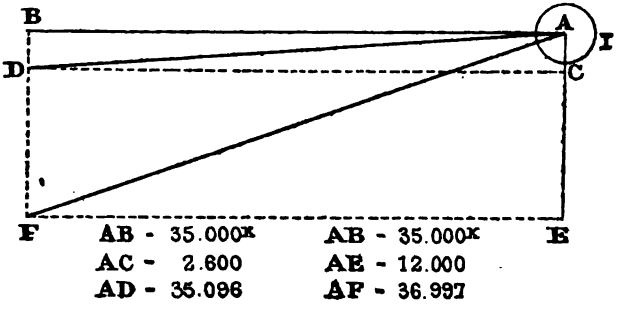


FIG. 5.

aux poutrages des châssis des dimensions très économiques, tout en laissant, au-dessous des transmissions, de larges espacements utilisables.

Il est à remarquer, en effet, que, dans la répartition de cette charge de 35 000 *kg* pour les câbles ; 57 500 pour les courroies, toutes les pièces du poutrage représenté ci-dessus en prennent une partie, de telle sorte que, en résumé, le calcul des sections de ces pièces (qui seront, avec avantage, faites en poutres creuses en tôle, pleines ou à treillis), conduit à des profils réduits très avantageux, à la condition, bien entendu, que l'on tienne compte, dans les calculs de ces poutrages, des coefficients de résistance se rapportant aux surcharges accidentelles de très courte durée.

Plus de 25 000 *ch*, sur 40 000 environ pour ma seule part, ont été installés d'après les principes qui précèdent, c'est-à-dire sans massifs.

Quand la largeur du couloir ne dépasse pas 3,50 *m*, on peut, dans bien des cas, supprimer les châssis. Dans ce cas, si les attaques ont lieu au milieu des arbres, il faut avoir soin de con-

struire cet arbre en forme de fusée d'égale résistance, afin d'empêcher toute déformation de l'arbre.

En toutes circonstances, si les côtés du couloir sont formés de colonnes, sans maçonneries, il faut avoir soin de réunir toutes les colonnes entre elles, par des moises en fer à boutées avec les châssis portant les paliers, de manière à toujours ramener les efforts dans la direction de ces moises, et faire travailler ces dernières en compression.

Ce sont là précautions élémentaires dont l'Ingénieur saura toujours prendre souci.

Usure des cables.

Entretien. — On a reproché pendant longtemps aux câbles de s'user prématurément. C'est une erreur, et les tableaux annexés à la présente communication montrent que, bien au contraire, pour un entretien à peu près *nul*, les câbles :

Suivant la nature de l'industrie conduite,
Suivant le travail auquel ils sont soumis,
Suivant leurs conditions mêmes d'installation,
Durent de trois à quinze ans.

Prix comparatif du cable et de la courroie.

Nous avons dit plus haut que, toutes choses égales d'ailleurs, le câble, par rapport à la courroie, coûtait, tout posé, 0,30 *f* par centimètre carré, pendant que la courroie pouvait, suivant sa nature, valoir 1,20 *f*.

Comparaison des installations figurées au tableau ci-annexé.

A. *Importance des moteurs examinés dans cette étude.* — 114, de 50 à 1 300 *ch* l'un; ensemble 56 484 *ch* dont 52 663 conduits par câbles et 3 821 par courroie.

B. *Nature des câbles employés.* — Câbles en chanvre de manille, aux diamètres 38, 40, 45, 50 et 55 *mm*.

C. *Dimensions des courroies.* — Depuis 40 *cm* de largeur jusqu'à 2 *m*. Épaisseur variant de 9 à 14 *mm*.

D. *Vitesse linéaire.* — De 12 à 25 *m* par seconde. Moyenne : 20 *m*.

E. *Expression de l'effort par centimètre carré, d'après l'emploi de la formule* $T = f \times e$. — 6 à 16 *kg* par centimètre carré. Moyenne = 10,28 *kg*.

F. *Durée des câbles.* — De trois ans à neuf ans, suivant la nature

de l'industrie et suivant les conditions de vitesse linéaire, et de charge par centimètre carré.

G. *Maximum de durée observé : neuf ans, jour et nuit, sans arrêt,* au peignage de laine d'Hobocken près Anvers, construit et installé par mes soins, en 1885. Soit, rapporté à 10 heures de travail effectif, sur 20 heures de moyenne par jour de 24 heures, 16 ans.

H. *Nature des industries favorables à la conservation des câbles et des courroies.* — Peignage de laines, avec carderie à cause de la puissance vive développée par les tambours des cardes doubles. Tissages à grand nombre d'arbres actionnés par câbles, à cause de la puissance vive des poulies volantes, recevant les câbles ou les courroies. Filatures de laines et de lin au sec avec préparation. Filatures de coton avec préparation. Commandes d'éclairage électrique.

I. *Nature des industries moins favorables et où les câbles doivent être moins chargés.* — Filatures de self-actings, sans préparation.

Retorderies self-acting, au mouillé.

En général, industries au mouillé.

Industries à chocs : trains de laminoirs, huileries, glaceries.

Teintures et apprêts, pour tous les cas où les vapeurs (eau, soufre, chlore, etc.) sont de nature à altérer les matières composant les câbles ou les courroies.

Transmissions à axe rapproché à partir de 5 *m*, pour les attaques principales, et 2 *m* pour des transmissions ordinaires.

Transmissions extérieures, à cause de l'influence du froid, des rayons solaires et de l'humidité.

J. *Accidents relevés depuis vingt ans sur demande par circulaire aux industriels.* — Néant.

Je connais cependant un accident survenu en 1877, à une installation mal faite : les câbles se sont enroulés sur les clavettes d'un arbre, et ont arraché une vieille construction, nullement appropriée à cette installation faite par quelqu'un peu au courant de ces questions.

Force absorbée par les câbles et par les courroies.

Je ne puis mieux faire, au sujet de la force absorbée par les câbles et par les courroies, que de copier le rapport qui a suivi les expériences faites en 1894, à Lille, sous le haut patronage de la Société industrielle du Nord de la France.

EXTRAIT DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DU NORD DE LA FRANCE

RAPPORT

DE LA

Commission des essais comparatifs sur le travail absorbé par les câbles et par les courroies dans les transmissions de mouvement.

C'est aux séances des 25 mai et 25 juin 1893, au cours du développement d'une étude comparée des transmissions par câbles et par courroies (étude élaborée et présentée par M. V. Dubreuil), que prit naissance, au Comité du génie civil de la Société Industrielle du Nord, l'idée de faire des essais comparatifs sur le travail absorbé par l'un et par l'autre des deux systèmes de transmission.

M. Dubreuil avait, en effet, dans le but de documenter son travail, demandé l'avis d'un très grand nombre de constructeurs français et étrangers. Or, les réponses de ces constructeurs furent assez incertaines et contradictoires, mais en revanche elles révélèrent chez tous un tel désir de voir étudier à fond le sujet, que M. A. Dujardin, constructeur à Lille, présent aux réunions du Comité, proposa de fournir à ses frais, pour entreprendre de sérieuses expériences, une machine à vapeur de 200 *ch*, alternativement munie d'un volant-câble et d'un volant-poulie de 4,50 *m* de diamètre.

Le Comité, acceptant la proposition, nomma une Commission de cinq membres (qui fut portée plus tard à neuf membres), et autorisa cette Commission à faire appel aux personnes qui, bien que ne faisant pas partie de la Société Industrielle, désireraient s'intéresser à la question.

Cet appel fut entendu et, le 5 novembre 1893, six membres, pris exclusivement parmi les nouveaux adhérents réunis en assemblée générale, furent élus par cette assemblée et adjoints à la Commission déjà nommée par le Génie civil.

La Commission se trouvait dès lors composée définitivement de quinze membres, dont les noms suivent :

M. Bonet, Ingénieur principal de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France ;

MM. D. S. Capper, Ingénieur, professeur au King's College, délégué de la Société des Ingénieurs-mécaniciens de Londres;
Chapuy, Ingénieur au corps des Mines, à Lille;
De Cuyper, Ingénieur, administrateur-délégué des anciens ateliers Van den Kerkove, à Gand;
V. Dubreuil, Ingénieur et architecte, à Roubaix, membre-délégué de la Société des Ingénieurs Civils de France, à Paris, et de l'Association des anciens élèves des Écoles nationales des Arts et Métiers, président du Génie civil et de la Commission des essais câbles-courroies;
A. Dujardin, Ingénieur-Constructeur, à Lille;
Goerich, Ingénieur, administrateur de la Société alsacienne de constructions mécaniques, à Mulhouse et à Belfort;
Gruson, Ingénieur en chef au corps des Ponts et Chaussées, directeur de l'Institut industriel de Lille;
Laussedat (Le colonel), directeur du Conservatoire des Arts et Métiers de Paris;
Olry, Ingénieur en chef au corps des Mines, délégué général du Conseil d'administration de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord;
Neu, Ingénieur-électricien, ancien élève de l'École Polytechnique, professeur à l'Institut industriel de Lille, co-délégué de la Société des Ingénieurs Civils de France, à Paris;
Schmidt, Ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme;
Vigneron, Ingénieur des Arts et Manufactures, directeur des établissements de filature et tissage de coton de MM. Wallaert frères, à Lille;
Villain, Ingénieur-constructeur, à Lille;
Witz, Ingénieur des Arts et Manufactures, docteur ès sciences, professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Le 5 février 1894, la Commission se réunissait et prenait les résolutions suivantes, extraites du procès-verbal de la réunion (1):

« 1° La machine à vapeur portera un volant double, ou deux volants, l'un pour les courroies, l'autre pour les câbles;

(1) Étaient présents à cette réunion : MM. de Cuyper (Gand), Schmidt (Amiens), Goerich (Mulhouse, Belfort), Capper (Londres), Bonet, Dujardin, Witz, Neu, Vigneron et Vilain, de Lille, V. Dubreuil, président.
MM. Gruson, Chapuy, Olry et Laussédat s'étaient excusés.

» 2° La dynamo, commandée directement, sera pourvue également de deux poulies, l'une pour la courroie, l'autre pour les câbles ;

» 3° La dynamo sera montée sur tendeurs, de manière à pouvoir régler à volonté la tension des brins ;

» 4° La courroie en coton sera demandée à *M. Lechat*, de Gand et de Lille ; la courroie homogène, à *M. Domange*, de Paris ; la courroie en cuir, à *M. Lemaire*, de Tourcoing, et les câbles à *MM. Saint frères*, de Paris ;

» Les expériences seront conduites en faisant par jour plusieurs essais alternatifs avec les câbles et les courroies ;

» Les essais étant comparatifs, et le volant double permettant de marcher alternativement avec les câbles et avec les courroies, on pourra admettre que, pendant le cours des expériences, le rendement mécanique des machines ne variera pas, et que, par conséquent, il n'y aura pas lieu de le déterminer... »

Tel fut, tracé dans ses grandes lignes, le programme qu'il appartenait au Président de la Commission de mettre à exécution.

A cet effet, *M. V. Dubreuil* s'assura des deux principaux concours suivants :

1° Celui d'expérimentateurs compétents pris parmi ceux des membres de la Commission qui voulurent bien accepter cette tâche ;

2° Celui de collaborateurs consentant à livrer leurs fournitures au moindre prix, afin de réduire le plus possible le coût d'une installation qui pouvait exiger 150 000 *f* de dépenses.

Sur le premier point : *MM. Bonet*, Ingénieur principal, secondé par le personnel de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord, *Neu* et *Paillot*, professeurs à l'Institut et à la Faculté des Sciences de Lille, *de Loriol*, *Finet* et *Maréchal*, Ingénieurs-électriciens, représentants-délégués de la Société alsacienne ; *A. Dujardin*, Ingénieur-constructeur, à Lille, composèrent un état-major de praticiens dont la compétence ne pouvait pas être discutée.

Sur le second point : la *Société alsacienne*, par la fourniture, la pose et la surveillance de marche d'une dynamo de 200 *ch*, construite par elle en vue des essais ; *MM. Gabriel* et *Anguenault*, de Paris, par la fourniture de 1 800 lampes à incandescence ; *Henneton*, de Lille, par ses livraisons et pose de 300 lampes complé-

mentaires; la *Société Industrielle des Téléphones*, à Paris, par la fourniture des canalisations électriques courantes ; de *MM. Lazare Weiller et C^ie^*, de Paris, par celle des gros câbles conducteurs en cuivre; *MM. Sage et Grillet*, de Paris, par l'envoi des porte-lampes et accessoires; *MM. de Loriol* et *Finet*, par leurs soins donnés au montage général de toute l'installation électrique; *MM. Lechat, Lemaire, Domange, Saint frères*, par leurs livraisons de courroies et de câbles, constituèrent, *par leur apport absolument gratuit*, avec la *Compagnie du chemin de fer du Nord*, qui prêtait une de ses fortes chaudières, et avec *MM. Dujardin et C^ie^*, qui offraient, non seulement le moteur, la vapeur utile, et des locaux appropriés pour l'installation du matériel, mais encore la prise à leur charge des nombreux faux frais de l'installation, un ensemble de moyens tout à fait inespérés et sûrs pour mener à bien les expériences qui étaient décidées.

Réalisation des expériences.

Pour la réalisation des expériences le principe suivant fut admis comme un axiome :

Étant données : une *résistance constante*, et une *puissance* chargée de vaincre cette *résistance*, toute variation de la *puissance* sera imputable au rendement propre des organes de transmissions, *câbles ou courroies*, seuls susceptibles de modifier le régime.

Tel fut l'axiome admis par la Commission ; et, tel, cet axiome fut mis en pratique.

A cet effet, la *résistance* fut constituée par des lampes à incandescence exigeant un nombre *constant de watts ;* d'autre part, on releva le nombre de tours de la machine à vapeur et celui de la dynamo (la vitesse de cette dernière devant rester invariable pour tous les essais) et on prit les diagrammes aux moments précis où l'on vérifiait la constance de la charge.

Méthode suivie pour le maintien de la constance de la charge.

Un des points les plus importants était le maintien de la constance de la charge : elle fut obtenue de la manière suivante :

On s'assurait, pendant toute la durée des expériences, que la différence de potentiel aux bornes du tableau des lampes et l'intensité du courant qui traversait ces lampes étaient des quantités

constantes; en d'autres termes que le nombre de watts absorbé par les lampes était le même dans tous les cas.

Les mesures de différence de potentiel et d'intensité étaient effectuées dans le cabinet de M. Dujardin, à une distance des

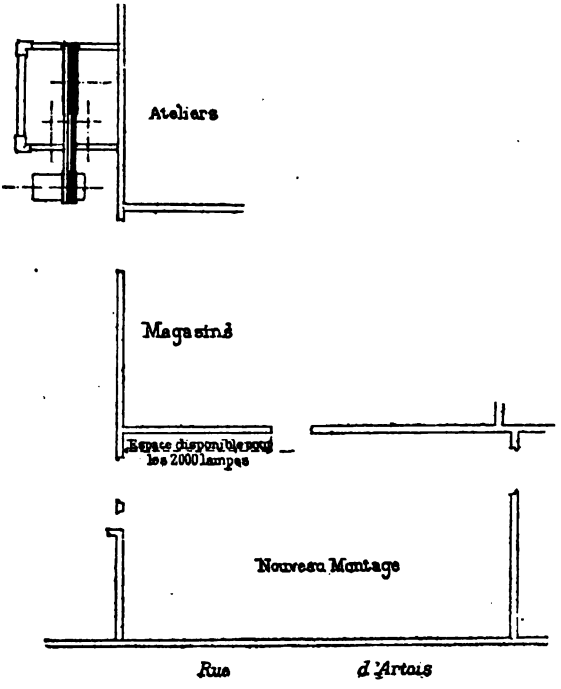


FIG. 6.

dynamos et des lampes assez grande pour que les influences perturbatrices fussent presque complètement annulées. Les appareils étaient prêtés par les laboratoires de physique de la Faculté des Sciences et de l'Institut industriel.

Mesure de la différence de potentiel. — Pour mesurer la différence de potentiel on se servait d'un voltmètre de torsion construit par Siemens et Halske. Ce voltmètre soigneusement étalonné permettait d'évaluer, avec la plus grande facilité, le tiers et même le quart de volt.

Mesure de l'intensité. — La détermination de l'intensité en ampères aurait présenté plus de difficultés; mais comme il n'était pas nécessaire de connaître exactement cette intensité, mais seulement de constater que cette intensité était constante, on opérait de la manière suivante :

En deux points situés à une distance de un mètre environ sur le circuit principal, était prise une dérivation par deux fils fins qui amenaient le courant aux bornes d'un galvanomètre très sensible de Wiedemann et d'Arsonval. Les lectures étaient faites par la méthode de réflexion de Poggendorf et la sensibilité de la méthode était telle, qu'on fut obligé de diminuer la sensibilité du galvanomètre pour que l'image lumineuse ne sortît pas de l'échelle. Un commutateur permettait d'intervertir le sens du courant, et par conséquent le sens de la déviation sur l'échelle, de manière à corriger les variations possibles du zéro par le déplacement des masses de fer dans le voisinage de l'appareil. La différence des deux lectures devait rester constante si l'intensité du courant demeurait elle-même constante. Ajoutons que les mesures effectives ne commençaient qu'après un certain temps de marche, lorsque la température du câble de transmission de l'électricité était devenue aussi constante que possible.

De dix minutes en dix minutes, on vérifiait la constance du potentiel et celle de l'intensité du courant. En cas de variation du potentiel on le ramenait à sa valeur normale en agissant sur le régulateur du moteur pour en faire varier la vitesse et on complétait la correction avec le régulateur de champ.

Le potentiel une fois ramené à sa valeur normale, si une variation dans l'intensité du courant était constatée, on la corrigeait en allumant ou en éteignant des lampes sur le tableau ; puis on prenait des diagrammes sur la machine à vapeur.

On fut ainsi assuré, pendant toute la durée des essais, que les lampes avaient toujours absorbé le même nombre de watts.

Date des essais.

C'est au cours des journées des 7, 8 et 9 août 1894 que furent faites les expériences auxquelles assistèrent, non seulement les membres de la Commission, mais toutes les personnes qui en manifestèrent le désir.

Le 9 août, la Commission se réunissait en séance, et rédigeait les deux procès-verbaux suivants, qui constatent la parfaite régularité et la réussite des essais :

PROCÈS-VERBAUX DES OPÉRATIONS EFFECTUÉES

pendant les journées des 7, 8 et 9 août 1894.

Journée du 7 août 1894.

La matinée du 7 août fut employée à effectuer un essai préparatoire destiné à initier les opérateurs dans leurs différents services, de manière à assurer par la suite la régularité des opérations.

Les machines étant neuves, les résultats auraient d'ailleurs pu être faussés, s'il avait été procédé à des essais de mise en route.

Au cours de ces essais préparatoires, on constata que les appareils électriques de mesure, installés dans un atelier de montage, se trouvaient influencés par les masses de fer déplacées dans les environs, et on dut les transporter dans les bureaux de MM. Dujardin et C^ie^.

Pour le commencement des opérations, les services furent répartis de la manière suivante :

1° Chaudière : conduite par un chauffeur de la Compagnie du chemin de fer du Nord qui avait reçu ordre de maintenir la pression invariablement à 6,75 *k*.

2° Moteur à vapeur : surveillance et relevé des diagrammes par MM. les Ingénieurs de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur, sous la direction de M. Bonet, ingénieur principal ;

3° Dynamo : conduite et surveillance de MM. de Loriol, Finet et Maréchal, de la Société alsacienne de constructions mécaniques ;

4° Compteurs de tours du moteur et de la dynamo : surveillance et pointage de MM. les Ingénieurs de l'Association et de M. Dujardin ;

5° Lampes : surveillance de la Société alsacienne ;

6° Appareils électriques de mesure : Lectures de MM. Neu et Paillot.

Direction générale : M. Dubreuil, Président de la Commission.

Pour la marche uniforme des opérations les résolutions suivantes furent adoptées pour chaque essai :

1° Marche à vide de 30 minutes dès la mise en route ;

2° Marche préliminaire en charge de 30 minutes ;

3° Réglage définitif de 10 minutes ;

4° Essais avec 15 relevés de diagrammes, de 10 minutes en 10 minutes pendant 140 minutes.

5° Relevé de diagrammes pour la marche à vide;
6° Enlèvement et pesée de l'organe de transmission.

Mardi soir 7 août. — Essai avec les câbles. Il ne fut pas tenu compte d'un premier essai où le voltage était monté à 104 volts. On recommença l'essai à 94 volts mesurés aux appareils surveillés par MM. Neu et Paillot.

L'essai commencé à 3 h. 40, se termina à 6 heures. Au cours de cet essai, les expérimentateurs notèrent le dérangement d'un compteur de tours.

Pendant ces premiers essais préparatoires, MM. Neu et Paillot constatèrent une fixité absolue du voltage.

Journée du 8 août 1894.

Matin. — Essai avec la courroie en coton de M. Lechat :
Mise en route à 7 h. 50.
— charge, 8 h. 20.
Durée de l'essai, de 9 h. 10 à 11 h. 30.
Soir. — Courroie en cuir de M. Lemaire :
Mise en route, 3 h. 10.
— charge, 3 h. 40.
Durée de l'essai, de 4 h. 30 à 6 h. 50.

Journée du 9 août 1894.

Matin. — Courroie de M. Domange (cuir) :
Mise en route, 7 h. 50.
— charge, 8 h. 20.
Durée de l'essai, de 9 h. 10 à 11 h. 30.

Soir. — Câbles :
Mise en route, 2 heures.
— charge, 2 h. 30.
Durée de l'essai, de 3 h. 08 à 5 h. 30.

On a retrouvé dans cet essai la même fixité du voltage qu'au début.

Jeudi 9 août 1894.

RÉUNION DE LA COMMISSION APRÈS LES ESSAIS

Présidence de M. Dubreuil, Président.

Étaient présents : MM. Dujardin, Chapuy, Neu, Vigneron, Villain, Bonet, Capper, de Londres, MM. de Loriol et Finet, pour la

Société alsacienne, comme membres de la Commission, MM. Lemarchand, délégué de la Société industrielle de Rouen, Paillot, Dubrule, comme invités, Letombe, secrétaire-adjoint.

M. Dubreuil donne communication du compte rendu ci-dessus sur la marche des opérations pendant les trois jours des essais et il invite tous les membres présents à le signer. — Adopté.

M. le Président remercie vivement tous ses collaborateurs et il croit pouvoir se féliciter avec eux de la réussite complète de ces essais qui ont pu se faire suivant le programme établi à l'avance et sans accidents.

Sur la demande de M. Dubreuil, M. Bonet, au nom de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur, veut bien se charger du calcul des diagrammes. Il fournira à la Commission tous les résultats sous forme de tableau et dans l'ordre des opérations.

M. le Président invite tous les opérateurs à préparer des rapports en ce qui les concerne, pour résumer leurs observations et prie MM. Lemarchand et Capper de vouloir bien nous communiquer aussi leurs impressions.

Au nom de la Société industrielle, M. Dubreuil remet à MM. Dujardin et C^ie^, qui acceptent, les appareils qui ont servi aux expériences et il les laisse à leur disposition sous leur responsabilité.

Sur la proposition de M. le Président, la Commission vote des félicitations au chauffeur qui a pu maintenir la pression uniforme de la chaudière pendant toute la durée des essais.

M. Dubreuil demandera au Conseil d'administration de la Société industrielle de vouloir bien frapper une médaille commémorative en souvenir des essais qui viennent d'avoir lieu.

RÉSULTATS DES CALCULS

Conformément aux décisions de la Commission, l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France a calculé les diagrammes relevés à raison de quatre par période de dix minutes et a dressé les tableaux annexés au présent rapport.

A la suite de ces tableaux de détail se trouve, hors texte, un grand tableau récapitulatif qui permet de se rendre compte immédiatement des résultats obtenus.

ESSAIS A L'INDICATEUR DE WATT

Dimensions principales de la machine.

Horizontale compound de MM. Dujardin et Cie, à Lille.

ÉLÉMENTS	CYLINDRE		VOLANTS		POULIES	
	PETIT	GRAND	CABLES	COURROIE	CABLES	COURROIE
Diamètre du piston	0.415	0.750	»	»	»	»
Surface —	1352.650	4417.860	»	»	»	»
Diamètre de la tige du piston .	0.075	0.075	»	»	»	»
Section — — .	44.179	44.179	»	»	»	»
Surface travaillante (A) { Avant. . .	1308.471	4373.681	»	»	»	»
Arrière . .	1352.650	4417.860	»	»	»	»
Course du piston (c)	0.800	0.800	»	»	»	»
Diamètre des volants et poulies.	»	»	4.986	4.993	1.495	1.500

FORMULE DU TRAVAIL :

(Pour chaque demi-tour) $T_m\ ch = \frac{A \times C}{60 \times 75} \times \frac{1}{e} \times n \times P_m$.

CALCUL DES COEFFICIENTS = K

DÉSIGNATION DU COUP	ÉCHELLES DES RESSORTS N°	ÉCHELLES DES RESSORTS VALEUR en millimètres (e)	$\frac{A \times C}{60 \times 75}$	$\frac{A \times C}{60 \times 75} \times \frac{1}{e}$	$\frac{A \times C}{60 \times 75} \times \frac{1}{e} n - K$ pour les nombres de tours par minute (n) égaux à : 1er ESSAI 77.84	2e ESSAI 79.03	3e ESSAI 79.08	4e ESSAI 79.23	5e ESSAI 78.46
P. C. { AV . .	8	8.25	0.232617	0.02820	2.195	2 229	2.230	2.234	2.213
P. C. { AR . .	8'	8.40	0.240471	0.02863	2.228	2.263	2.264	2.268	2.246
G. C. { AV . .	30	30.80	0.777543	0.02525	1.965	1.996	1.997	2.000	1.981
G. C. { AR . .	30'	30.55	0.785397	0.02571	2 001	2.032	2.033	2.037	2.017

NOTA. — P_m = Ordonnée moyenne de chaque diagramme en millimètres.

Après-midi du 7 août 1894.

ESSAIS SUR LES CABLES

HEURES	COMPTEURS DE TOURS			
	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la MACHINE	OBSERVATIONS	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la DYNAMO	OBSERVATIONS
3 42	13 595		8 730	
3 56	14 673		9 948	
4 05	15 364		10 730	
4 15	16 146		11 600	
4 28	17 164	Jusqu'à 5 h. 23, le compteur a raté plusieurs fois. De 5 h. 37 à 5 h. 58, il a bien fonctionné.	12 732	La vitesse au compteur était réduite dans le rapport de 1/3.
4 38	17 939		13 601	
4 47	18 636		14 384	
4 58	19 484		15 342	
5 9	20 344		16 300	
5 23	21 436		17 519	
5 37	22 532		18 735	
5 47	23 317		19 603	
5 58	24 182		20 558	
	La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à : 77 t. 84.		La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à : 260 t. 91.	

Après-midi du 7 août 1894.

ESSAIS SUR LES CABLES

HEURES	CALCUL DU TRAVAIL										
	PETIT CYLINDRE					GRAND CYLINDRE					T_m TOTAL des deux cylindres *ch*
	AVANT		ARRIÈRE		T_m TOTAL *ch*	AVANT		ARRIÈRE		T_m TOTAL *ch*	
	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m		P_m *mm*	T_m *ch* = P × P_m	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m		
3 40	17.16		18.96			21.48		22.02			
3 50	17.02		18.90			21.00		22.29			
4 »	16.10		17.85			20.64		21.48			
4 10	17.12		18.50			21.30		21.78			
4 20	15.88		17.49			20.80		21.57			
4 30	16.70		18.46			21.21		21.84			
4 40	17.06		17.64			20 58		21.18			
4 50	16.98		18.26			20.34		21.00			
5 »	18.04		17.54			20.10		20.46			
5 10	17.32		17.68			19.65		20.40			
5 20	16.05		19.56			20.70		21.39			
5 32	17.92		18.66			20.04		21.06			
5 43	17.40		18.60			21.18		21.90			
5 56	16.02		18.74			21.24		21.48			
6 »	17.20		18.20			20.70		21.48			
	253.97		275.04			310.96		321.33			
Moyenne	16.931	37.16	18.336	40.85	78.01	20.730	40.73	21.422	42.86	83.59	161.60

Matinée du 8 août 1894.

ESSAIS SUR COURROIE COTON LECHAT

HEURES	COMPTEURS DE TOURS			
	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la MACHINE	OBSERVATIONS	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la DYNAMO	OBSERVATIONS
9 »	5 226	De 9 h. 33 à 9 h. 43, la durée réelle a été de plus de 10 minutes, la montre qui servait à compter s'étant arrêtée pendant 1 h. 1/4 environ.	28 165	La vitesse au compteur était réduite dans le rapport de 1/3.
9 15	6 410		29 470	
9 33	7 822		31 024	
9 43	8 719		32 011	
9 55	9 676		33 063	
10 3	10 363	De 9 h. 55 à 10 h. 3, on s'est servi d'une autre montre, dont la trotteuse ne marchait pas exactement. Il y a encore de ce fait une différence de 3/4 de minute environ en moins.	33 820	
10 14	11 237		34 782	
10 31	12 584		36 265	
10 46	13 770		37 571	
11 2	15 033		38 961	
11 17	16 214		40 262	
11 29	17 163		41 306	
	La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à : 75 t. 05.		La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à : 261 t. 08.	

Pour évaluer la vitesse moyenne de toute la journée, il faut compter seulement les observations faites de 9 h. » à 9 h. 33 } soit pendant 2 h. 11.
— — 9 h. 43 à 9 h. 55 }
— — 10 h. 3 à 11 h. 29 }

Le nombre de tours relaté au présent tableau a été relevé en réalité pendant 2 h. 29′ + 2′ = 2 h. 31′.

Matinée du 8 août 1894.

ESSAIS SUR COURROIE COTON LECHAT

HEURES	CALCUL DU TRAVAIL										
	PETIT CYLINDRE					GRAND CYLINDRE					T_m TOTAL des deux cylindres *ch*
	AVANT		ARRIÈRE		T_m TOTAL *ch*	AVANT		ARRIÈRE		T_m TOTAL *ch*	
	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m		P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m		
9 10	16.22		18.50			20.04		21.30			
9 20	16 86		18.36			19.74		21.06			
9 30	16.86		18.74			19.80		21.36			
9 40	15.50		18.22			20.64		20.76			
9 50	16.17		18.68			20.40		20.46			
10 »	16.98		18.15			20.22		21.12			
10 10	17.04		19.32			19.20		20.22			
10 20	17.52		18.90			19.92		20.34			
10 30	18.15		20.04			19.44		20.01			
10 40	17.72		20.52			19.02		19.98			
10 50	17.94		19.32			58.84		19.35			
11 »	17.88		19.82			19.44		19.44			
11 10	16.92		19.30			19.62		19.92			
11 20	17.01		18.48			19.80		20.10			
11 30	17.42		18.99			19.38		19.98			
	259.59		285.34			295.50		305.40			
Moyennes	17.106	38.14	19.022	43.06	8 .20	19.70	39.33	20.36	41.38	80.71	161.91

Après-midi du 8 août 1894.

ESSAIS SUR COURROIE CUIR LEMAIRE

HEURES	COMPTEURS DE TOURS			
	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la MACHINE	OBSERVATIONS	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la DYNAMO	OBSERVATIONS
4 26	24 438		49 239	
4 45	25 942		50 892	
5 4	27 439		52 537	
5 21	28 795		54 028	
5 33	29 740	Néant.	55 067	La vitesse au compteur était réduite dans le rapport de 1/3.
5 52	31 241		56 716	
6 7	32 427		58 019	
6 25	33 845		59 579	
6 36	34 718		60 538	
6 48	35 667		61 580	
	La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à 79 t. 08.		La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à 260 t. 72.	

Après-midi du 8 août 1894.

ESSAIS SUR COURROIE CUIR LEMAIRE

HEURES	CALCUL DU TRAVAIL										
	PETIT CYLINDRE					GRAND CYLINDRE					T_m TOTAL des deux cylindres *ch*
	AVANT		ARRIÈRE		T_m TOTAL *ch*	AVANT		ARRIÈRE		T_m TOTAL *ch*	
	P_m *mm*	T_m *ch* = $K = P_m$	P_m *mm*	T_m *ch* = $K \times P_m$		P_m *mm*	T_m *ch* = $K \times P_m$	P_m *mm*	T_m *ch* = $K \times P_m$		
4 30	16.86		16.50			19.59		21.48			
4 40	16.86		16.46			20.70		21.90			
4 50	16.68		17.01			19.89		21.90			
5 »	16.80		16.89			20.52		21.90			
5 13	16.92		16.14			19.98		21.12			
5 19	16.74		16.20			20.34		21.30			
5 30	16.83		17.25			20.34		21.30			
5 40	17.28		17.72			20.28		21.60			
5 50	16.86		16.74			20.34		21.42			
6 »	17.12		16.92			19.98		21.12			
6 10	15.96		17.28			20.28		21.60			
6 20	16.30		18.48			21.30		22.53			
6 30	16.20		18.06			21.12		22.08			
6 40	16.02		17.40			21.00		21.84			
6 50	16.62		18 »			21.48		22.62			
	250.05		257.05			307.14		325.71			
Moyennes	16.67	37.17	17.136	38.80	75.97	20.476	40.89	21.714	44.14	85.03	161.00

Matinée du 9 août 1894.

ESSAIS SUR COURROIE CUIR DOMANGE

HEURES	COMPTEURS DE TOURS			
	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la MACHINE	OBSERVATIONS	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la DYNAMO	OBSERVATIONS
9 8	5 346		5 904	
9 32	7 236		7 984	
9 47	8 435		9 303	
10 13	10 504	Néant.	11 581	La vitesse au compteur était réduite dans le rapport de 1/3.
10 32	11 998		13 226	
10 44	12 941		14 265	
11 4	14 527		16 010	
11 28	16 438		18 118	
	La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à 79 t. 23.		La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à : 261 t. 73.	

Matinée du 9 août 1894.

ESSAIS SUR COURROIE CUIR DOMANGE

HEURES	CALCUL DU TRAVAIL										
	PETIT CYLINDRE					GRAND CYLINDRE					T_m TOTAL des deux cylindres *ch*
	AVANT		ARRIÈRE		T_m	AVANT		ARRIÈRE		T_m	
	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m	TOTAL *ch*	P_m *mm*	P_m *ch* = K × P_m	P_m *mm*	T_m *ch* = K × P_m	TOTAL *ch*	
9 10	16.98		18.18			20.28		20.64			
9 20	17.34		18.90			20.34		20.82			
9 30	17.64		19.02			19.32		20.94			
9 40	16.95		18.54			18.66		20.10			
9 50	17.82		18.06			18.54		20.16			
10 »	18 »		17.56			19.26		20.46			
10 10	17.40		18.69			19.14		20.82			
10 20	17.92		18.66			19.50		21.18			
10 30	17.82		19 »			19.20		20.82			
10 40	17.55		19.02			19.05		20.25			
10 50	18 »		19.23			18.90		20.58			
11 »	19.29		19.02			18.72		20.16			
11 10	18.54		17.76			18.60		20.28			
11 20	19.26		18.24			18.18		20.10			
11 30	20.22		18.96			18.84		20.04			
	210.73		278.84			286.53		307.35			
Moyenne	18.048	40.32	18.589	42.16	82.48	19.102	38.20	20.49	41.74	79.94	162.42

Après-midi du 9 août 1894.

ESSAIS SUR LES CABLES

HEURES	COMPTEURS DE TOURS			
	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la MACHINE	OBSERVATIONS	CHIFFRES INDIQUÉS au COMPTEUR de la DYNAMO	OBSERVATIONS
3 3	22 707		25 172	
3 16	23 720		26 398	
3 20	24 038		26 648	
3 33	25 061		27 781	
3 44	25 926		28 738	
4 2	27 340	Néant.	30 305	La vitesse au compteur était réduite dans le rapport de 1/3.
4 15	28 356		31 431	
4 32	29 689		32 909	
4 45	30 710		34 040	
5 2	32 044		35 518	
5 18	33 299		36 908	
5 33	34 476		38 211	
	La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à : 78 t. 46.		La vitesse moyenne pendant l'essai ressort à : 260 t. 78.	

Après-midi du 9 août 1894.

ESSAIS SUR LES CABLES

HEURES	CALCUL DU TRAVAIL										
	PETIT CYLINDRE					GRAND CYLINDRE					T_m TOTAL des deux cylindres *ch*
	AVANT		ARRIÈRE		T_m	AVANT		ARRIÈRE		T_m	
	P_m *mm*	T_m *ch* = $K \times P_m$	P_m *mm*	T_m *ch* = $K \times P_m$	TOTAL *ch*	P_m *mm*	T_m *ch* = $K - P_m$	P_m *mm*	T_m *ch* = $K \times P_m$	TOTAL *ch*	
3 8	17.22		17.46			20.52		22.38			
3 20	17.26		18.02			20.34		22.08			
3 30	17.04		16.68			19.98		21.60			
3 40	17.52		17.34			20.22		21.60			
3 50	17.14		17.42			19.83		21.36			
4 »	17.96		17.80			19.56		21.54			
4 10	17.88		17.16			19.74		21.18			
4 20	17.76		17.70			19.32		20.64			
4 30	17.98		17.34			19.32		20.28			
4 40	17.96		17.76			19.68		20.28			
4 50	18.06		17.68			18.42		20.40			
5 »	18.12		18 »			19.50		20.62			
5 10	18.87		18.15			19.20		21.18			
5 20	18.24		18.50			19.68		21 »			
5 30	18.78		18.67			18.96		20.82			
	267.79		265.67			293.67		316.96			
Moyenne	17.852	39.51	17.711	39.78	79.29	19.58	38.79	21.13	42.62	81.41	160.70

Examen du tableau récapitulatif.

Si nous examinons le tableau récapitulatif placé hors texte, et si nous négligeons le premier essai qui n'offre pas un résultat certain, à cause du dérangement d'un compteur de tours, et par suite de cette circonstance que le moteur avait à vaincre alors les résistances passives d'une mise en route de machines neuves, nous y relevons que, pour une résistance constante :

A.	Les câbles ont eu à transmettre	160,70 *ch*	avec un glissement de	0,329 0/0
B.	La courroie Lechat.	161,90 *ch*	—	0,780
C.	La courroie Lemaire	161,00 *ch*	—	0,961
D.	La courroie Domange	162,42 *ch*	—	0,780

Le rapport des diamètres des organes de transmission étant pris aux surfaces et lignes de contact.

Ce qui fournit, en rapportant tous les résultats au nombre 100 et en tenant compte de la colonne 27 qui indique pour chaque expérience la moyenne, quand il y a lieu, de la constance de la charge :

A.	Câbles	Puissance à transmettre	100,00	Glissement	0,100
B.	Courroie Lechat.	—	100,87	—	0,237
C.	Courroie Lemaire.	—	100,37	—	0,292
D.	Courroie Domange.	—	101,07	—	0,237

REMARQUES DIVERSES

Tension des brins.

Au cours des essais, l'appareil de tension de la dynamo n'a pas été utilisé pour les câbles, mais il l'a été plus ou moins au cours des essais des courroies, à la volonté des fournisseurs qui ont, à leur gré, réglé en pleine marche la tension de leurs courroies.

Comparaison des installations.

Les indications du tableau récapitulatif relatives aux vitesses linéaires comparées des courroies et des câbles et aux efforts demandés par centimètre carré aux brins conducteurs, montrent que les conditions d'installation étaient excellentes et absolument identiques.

Ainsi, pour une vitesse linéaire au contact du volant, de :

20,40 *m* par seconde, les câbles travaillaient à raison de 11,000 *kg* par centimètre carré
20,49 *m*, la courroie Lechat travaillait — 12,470 *kg* —
20,46 *m*, la courroie Lemaire — — 9,450 *kg* —
20,51 *m*, la courroie Domange — — 10,970 *kg* —

Fixité du voltage.

Une particularité relevée au cours des expériences, a été la fixité de l'aiguille du voltmètre lorsque la commande a lieu par câbles, et son oscillation d'une ou de deux divisions quand cette commande est faite par courroies. Cette oscillation, qui a rendu quelquefois les lectures difficiles, et qui correspondait exactement au passage de la rattache, ne paraissait pas exercer d'influence sur l'éclairage. Elle montre toutefois l'intérêt qu'il y a à faire de bonnes rattaches.

Câbles en coton. Courroies diverses.

Forcée de limiter le nombre de ses essais, la Commission n'a pas pu expérimenter tous les produits qui lui ont été proposés. Elle a tenu à se limiter à ceux d'entre eux qui avaient au moins quinze à vingt ans d'exercice industriel. Elle regrette toutefois qu'un malentendu ait empêché M. Domange de présenter aux essais la courroie homogène que l'un de ses représentants avait offerte tout d'abord.

Forme des jantes.

La forme de la jante du volant-courroie avait été exécutée sur les données de la maison Van den Kerkove, de Gand, et celle des gorges, sur les dessins habituellement fournis par MM. V. Dubreuil et A. Dujardin pour ces sortes d'installations.

Les épures jointes à ce rapport donnent d'ailleurs tous les renseignements utiles à ce sujet. La planche 144 indique de plus le procédé expérimental employé après les essais, et avant l'enlèvement des câbles, pour déterminer leur enfoncement et la circonférence de contact.

Fonctionnement général.

Il y a lieu de remarquer qu'au cours des essais, aucun accident ne s'est produit dans l'installation.

La dynamo électrique, bien que neuve, et à peine sortie des ateliers de Belfort, a fonctionné à souhait et sans arrêt.

Aucune lampe n'a été brûlée, ni même détériorée.

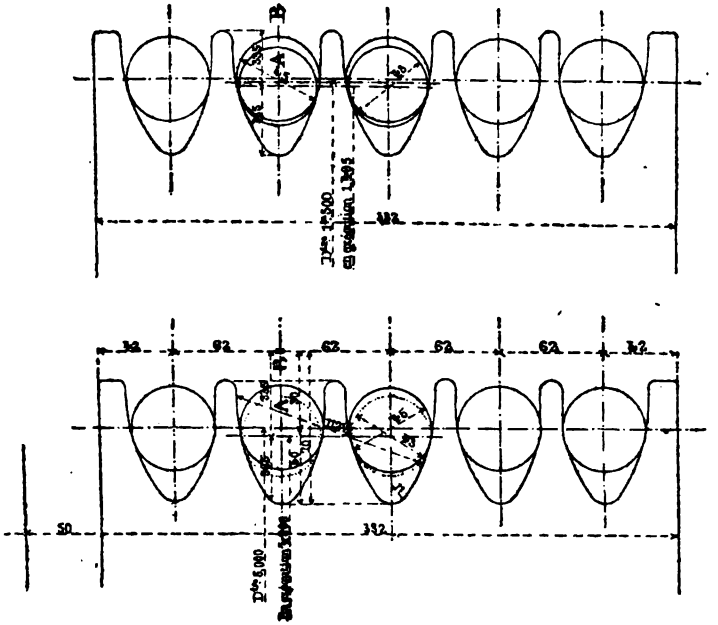


FIG. 7

La locomotive, dont la conduite du feu était tenue d'une façon merveilleuse par le chauffeur Louis Wagner, de la Compagnie du Nord, la machine à vapeur et en un mot toute l'installation mécanique ont marché dans la perfection.

RÉSUMÉ

En résumé, les expériences qui viennent d'être faites montrent que, dans les transmissions, les câbles et les courroies absorbent, bien installés, pour eux-mêmes, à fort peu de chose près, la même force motrice.

En présentant ce rapport en Assemblée générale, le Président du Comité du Génie civil et de la Commission des essais, est heureux de pouvoir dire qu'il doit le succès des expériences qui viennent d'être faites, au dévouement et au savoir des distingués collaborateurs dont il a été entouré. Il leur adresse en terminant, à tous, ses vifs remerciements, et il prie M. le Président de la Société de vouloir bien les leur renouveler, en y associant les remerciements du Conseil d'administration, ceux du Comité du

Génie civil et ceux de tous les membres de la Société industrielle du Nord de la France.

V. Dubreuil, Ingénieur,
Président du Comité du Génie civil et de la Commission des essais.

Pour approbation du présent rapport :

Les membres de la Commission (page 53) :
MM. Bonet, Capper, Chapuy, de Cuyper (1), Dujardin, Goerich, Gruson, Laussédat, Olry, Neu, Schmidt, Vigneron, Villain et Witz.

Conclusion.

Du rapport qui vient de vous être exposé, et des considérations qui le précèdent, il en résulte que les transmissions par câbles et par courroies sont excellentes, à la condition d'être bien installées. Les transmissions par câbles, cependant, en raison de la divisibilité des brins qui permet des attaques multiples par une poulie motrice; en raison de l'élasticité de ces brins, susceptibles d'emmagasiner les variations de vitesse et de force, tant de la puissance que de la résistance; en raison de l'élévation du coefficient de frottement qui permet de laisser très peu de tension au brin conduit; en raison, enfin, du très bas prix d'installation, me semblent être préférables aux transmissions par courroies. Ces avantages, en tous les cas, justifient de leur succès auprès des industriels.

Bien certainement, les courroies rendent également de grands services; mais leur prix très élevé, les exigences que leur installation comporte, ne sont pas faits pour les vulgariser au même titre que les câbles en chanvre ou en coton.

La victoire définitive, quand tous les constructeurs seront outillés, pourra bien appartenir aux câbles, à moins que le transport de force par l'électricité, rendu plus économique et plus pratique qu'il ne l'est encore aujourd'hui, ne vienne un jour, ce qui est bien possible, mettre les concurrents d'accord, en se substituant à eux.

C'est le secret de l'avenir. V. Dubreuil.

(1) M. de Cuyper a néanmoins fait des réserves en ce qui concerne les chiffres indiquant sur le tableau récapitulatif la valeur du glissement des courroies. D'après cet ingénieur, on aurait dû tenir compte de l'épaisseur des courroies dans le relevé des diamètres d'enroulement : le calcul, fait de cette manière, assignerait aux courroies un glissement comparable à celui des câbles.

COMPTE RENDU

DU

CONGRÈS DE CHIMIE APPLIQUÉE

TENU EN 1894, EN BELGIQUE

PAR

M. E. DERENNES

Un Congrès international de chimie appliquée s'est tenu en Belgique l'année dernière, sous le patronage du gouvernement belge, à l'occasion de l'Exposition d'Anvers.

L'idée de ce Congrès répondait à un besoin réel. De même que depuis longtemps on s'efforce d'arriver à unifier les systèmes de poids, mesures et monnaies, de même aussi dans toutes les spécialités scientifiques ou industrielles, on reconnaît l'utilité d'uniformiser le langage, les notations, les dimensions d'organes de machines et d'éléments d'appareils, les méthodes d'essai, etc. Déjà les chimistes théoriciens ont en grande partie réussi, dans plusieurs Congrès, à relier par un ensemble de nomenclatures et de notations, dont on s'efforce de rendre l'usage obligatoire, les beaux travaux scientifiques effectués de toutes parts depuis un certain nombre d'années.

Dans le domaine de la chimie appliquée, l'intérêt d'une entente commune n'est pas moindre. Ainsi, en ce qui concerne les conditions techniques ou économiques de la fabrication industrielle ou de la production agricole, de même aussi en matière d'hygiène privée ou publique, que de questions mal comprises, soit des exploitants, soit des populations, soit des pouvoirs constitués, gagneraient à être discutées contradictoirement! Quelle utilité n'y aurait-il pas, pour les transactions commerciales, pour les réglementations fiscales et autres, à établir des méthodes uniformes d'analyse, avec description minutieuse du mode opératoire? Sans gêner d'ailleurs, le moins du monde, l'initiative privée dans les recherches individuelles, on arriverait ainsi à parler un même langage, on produirait des chiffres comparables, on mettrait fin aux divergences persistantes que présentent les analyses

faites par les différents chimistes sur les engrais, les produits métallurgiques, les matières alimentaires, les corps gras, etc. Faut-il citer, par exemple, les analyses d'eaux, sur lesquelles il serait facile de s'entendre, et qui sont présentées souvent avec une si incroyable fantaisie, avec des données numériques dont il est difficile et souvent impossible de tirer des conclusions pratiques ou des éléments de comparaison, sans parler des erreurs grossières, que des méthodes vicieuses font commettre, même aux laboratoires les plus autorisés.

Et combien d'autres questions de détail ont aussi leur importance : règles uniformes pour la fabrication des instruments et vases gradués ou jaugés; organisation d'une rapide publicité universelle pour toutes les nouveautés utiles en chimie appliquée avec les mesures à prendre pour en tirer parti partout, etc.

C'est l'Association belge des chimistes qui avait pris l'initiative du Congrès; c'est elle qui fut chargée de l'organiser. Des invitations furent adressées aux divers gouvernements et aux principales Sociétés savantes. Presque tous les gouvernements envoyèrent des délégués; la France avait désigné, paraît-il, cinq éminents professeurs de l'École Centrale et du Conservatoire des Arts et Métiers; mais ils n'ont pas paru aux réunions; c'est par les listes publiées récemment que cette désignation, sans doute tardive, est venue à notre connaissance.

La Société des Ingénieurs Civils avait délégué cinq membres; deux d'entre eux, MM. Gassaud et Garçon, n'ont pu se rendre au Congrès; MM. Gallois, Malher et moi, nous nous sommes efforcés de remplir de notre mieux la mission que vous nous aviez confiée. M. Gallois, en même temps qu'il était délégué de notre Société, représentait l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des Colonies, dont il est Président.

Il y avait environ 400 adhérents, dont 200 étrangers, répartis en quatre sections : sucrerie, chimie agricole, hygiène et denrées alimentaires, chimie biologique. Dans cette multitude de noms appartenant à toutes les nations et à toutes les spécialités de la chimie appliquée, il serait téméraire de faire un choix ; aussi je me résigne à ne nommer personne, malgré le plaisir que j'aurais à parler de ceux dont j'ai pu par moi-même apprécier dans ces relations éphémères le savoir et le caractère.

Le Congrès s'est ouvert le 4 août, à Bruxelles, sous la présidence de M. De Bruyn, ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics, au palais des Académies. On nomma

par acclamations, comme président et secrétaire du Congrès, MM. E. Hanuise et Fr. Sachs, président et secrétaire de l'Association belge organisatrice. Pour les quatre vice-présidents du Congrès, qui devaient être en même temps présidents des quatre sections, on choisit un Français (M. Gallois), un Luxembourgeois, un Autrichien et un Allemand.

Il n'entre pas dans mon but d'énumérer toutes les questions traitées et toutes les résolutions votées dans les huit journées si bien remplies du Congrès. Elles sont trop nombreuses et trop spéciales, et concernent des sujets importants de sucrerie, distillerie, brasserie, vinaigrerie, glucoserie, industries agricoles, essais de combustibles, analyses de matières fertilisantes, de denrées alimentaires, étude bactériologique des eaux potables, fabrication des instruments et vases jaugés et gradués, etc.

Une exposition d'instruments et d'appareils de chimie était annexée au Congrès, et se tenait dans une des salles du palais du Midi, à Bruxelles.

Enfin, une série d'excursions avait été organisée dans un certain nombre d'établissements industriels. Je les énumère, parce qu'elles ont dû être choisies de manière à bien caractériser l'état actuel de la chimie appliquée en Belgique, et à ce titre il est utile de les signaler, particulièrement à ceux de nos jeunes collègues qui voudraient faire un voyage d'études. Rappelons en passant que ces excursions sont singulièrement facilitées par les abonnements de quinzaine que les chemins de fer belges délivrent à des prix très réduits.

On a visité successivement :

A Laeken, l'usine à gaz de Bruxelles, établissement municipal dont l'installation technique est justement renommée, et qui livre le gaz à des conditions de prix inconnues en France ;

A Saint-Symphorien, près de Mons, les belles usines d'extraction et de traitement des phosphates de M. le sénateur Hardenpont, avec machines d'une force totale d'un millier de chevaux, voies ferrées, éclairage électrique, réseau téléphonique, etc. ;

A Malines, les laboratoires d'essais mécaniques et d'analyses chimiques de l'État belge ;

A Kœkelberg, banlieue de Bruxelles, la grande brasserie où l'on met en pratique la fermentation basse ;

A Gand, la splendide et récente installation de l'Institut des Sciences, où l'on trouverait beaucoup à imiter, et l'ancienne Université, consacrée maintenant spécialement aux études de droit.

(L'Institut bactériologique de M. Van Ermengem était dans le programme; par un malentendu nous trouvâmes fermée la porte de cette petite bicoque antique et délabrée, d'où sortent des travaux très modernes, et qui, par son air d'indigence, contrastait avec les somptueux établissements que nous venions de visiter, et avec le bel hôpital voisin dont elle est l'annexe. On songeait au galetas qui a abrité les premiers travaux de Pasteur);

A Gand encore, la curieuse école de brasserie de M. Van den Mulle, dans laquelle on fait beaucoup et bien avec des ressources restreintes, et la vinaigrerie des moulins, à M. Imhof;

A Gembloux, les trois beaux établissements agricoles de l'État, juxtaposés : Institut agricole, station agronomique, et laboratoire d'analyses; la sucrerie de M. Le Docte;

Enfin à Anvers, outre l'exposition qui méritait d'être étudiée à tous les points de vue, on a visité les musées et collections, les établissements maritimes, les engins de manutention, des navires, et dans la banlieue, à Burght, les vastes établissements de la Compagnie Anglo-Continentale des guanos.

Après avoir parlé des travaux et des excursions, il y aurait une réelle ingratitude à ne pas quitter le domaine technique pour parler un peu de ce qui a été fait pour rendre aux congressistes le séjour en Belgique aussi agréable qu'il était intéressant. Il n'est pas inutile qu'on sache quel accueil nous avons tous reçu chez nos aimables et hospitaliers voisins, de la part des organisateurs, des autorités officielles, des industriels.

Dès le premier jour, après la séance ministérielle d'ouverture, banquet solennel, présidé également par le ministre, avec discours et toasts polyglottes d'usage; le lendemain, fête champêtre au bois de la Cambre, offerte par l'Association belge; puis à Bruxelles, Mons, Anvers, réceptions officielles par les bourgmestres et échevins, en grand uniforme, nous faisant, avec un amour-propre bien légitime, les honneurs de leurs somptueux et artistiques hôtels de ville qu'il fallait visiter de la cave au grenier; partout lunchs, raouts, vins d'honneur, offerts toujours avec la plus parfaite cordialité, ordinairement avec un confort luxueux, à moins que, comme à l'École de Brasserie de Gand, nos hôtes débordés par l'affluence inattendue des visiteurs, n'aient dû improviser des expédients : là on buvait le champagne dans des verres à réactif; on servait dans des becherglass et dans des vases à précipité la bière de l'établissement, apportée dans des matras, des bonbonnes, des pissettes à eau distillée.

Mais je m'égare dans des minuties anecdotiques ou pittoresques indignes de nos graves procès-verbaux. Cependant, je ne dois pas quitter ce côté accessoire du Congrès, sans mentionner la splendide partie de plaisir du dernier jour, sur l'Escaut, à bord du steamer de M. le baron van Ohlendorff, administrateur de la Société Anglo-Continentale des guanos.

La séance de clôture du Congrès s'est tenue le 11 août à l'Athénée Royal d'Anvers. Il a été décidé à une très forte majorité que le deuxième Congrès international de chimie appliquée se tiendrait à Paris en 1896; et, aux applaudissements répétés de l'Assemblée, l'organisation en a été confiée à l'Association des chimistes de sucrerie, qui avait puissamment concouru à la création et à la réussite du premier Congrès, et à son président, M. Gallois, notre Collègue, dont le zèle ne s'était pas démenti un seul jour, et qui avait été, du commencement à la fin, le porte-parole des Congressistes français.

Tel a été, Messieurs, le premier Congrès de chimie appliquée. Il y a eu là un grand effort, qui a abouti à un succès mérité. Beaucoup de questions ont été traitées avec ampleur; beaucoup aussi ont été seulement abordées et renvoyées au prochain Congrès. Nous espérons que la Société des Ingénieurs Civils, qui a tenu à honneur de se faire représenter en Belgique, voudra aussi suivre avec intérêt les travaux de la session de 1896, à Paris (1).

(1) Depuis que ces lignes ont été écrites, la Commission d'organisation du deuxième Congrès (1896, Paris) a tenu plusieurs séances sous la présidence de M. Gallois, notamment le 6 juin 1895, au grand amphithéâtre du Conservatoire des Arts et Métiers. Des mesures ont été prises pour donner à ce Congrès une grande importance. On a fait appel à un Comité de patronage composé d'illustrations de la science et de l'industrie, parmi lesquelles figurent le président actuel, d'anciens présidents et vice-présidents de notre Société. Il a été décidé que le Congrès se tiendrait dans la première quinzaine d'août 1896, et comprendrait dix sections. Quatre d'entre elles ont déjà nommé leurs présidents (MM. Gallois, Adolphe Carnot, Durin, Sorel).

Le compte rendu officiel du premier Congrès (1894), rédigé par M. F. Sachs, secrétaire général, a été déposé à la bibliothèque de la Société.

COMMUNICATION

SUR UNE

EXPLOSION RÉCENTE

A PARIS

D'UN RÉCIPIENT D'ACIDE CARBONIQUE LIQUIDE

PAR

M. S. PÉRISSÉ

A la suite d'un accident mortel survenu à Paris le 28 décembre 1894 dans les ateliers de « la Carbonique française », nous avons eu, comme expert chargé de l'enquête, la possibilité de connaître exactement les circonstances de cet accident, et d'en déterminer la cause.

Le rapport que nous avons déposé entre les mains de M. le Procureur de la République a été transmis par M. le Ministre de la Justice, à son collègue des Travaux publics qui l'a envoyé, pour avis, à la Commission centrale des machines à vapeur.

En attendant, nous avons été autorisé à publier les points principaux de notre enquête et de notre étude, afin d'aider, par cette publicité, la vulgarisation des précautions à prendre dans l'avenir pour éviter le retour de pareils accidents.

Nous ne pouvions mieux faire que de les communiquer à la Société des Ingénieurs Civils de France. Tel est donc l'objet de cette communication que nous aurions voulu faire il y a plusieurs mois, mais le nombre des questions à l'ordre du jour y a fait obstacle.

L'accident mortel dont l'ouvrier J... a été victime est le premier accident de cette nature qui survient à Paris, et très probablement en France, car si des bouteilles d'acide carbonique ont déjà éclaté dans notre pays, elles n'ont occasionné aucun accident sérieux,

tant au point de vue des personnes qu'à celui des effets dynamiques produits.

A l'étranger, il s'est produit des accidents assez nombreux présentant de l'analogie avec celui qui fait l'objet de cette communication. Les publications techniques récentes et notamment le *Génie Civil* (numéros des 11 mai et 1er juin 1895) ont fait connaître des explosions de récipients d'acide carbonique liquide, d'oxygène et d'anhydre sulfureux survenues en Amérique, en Angleterre et en Belgique. Nous savons qu'en Allemagne, où l'emploi de l'acide carbonique liquide est plus répandu qu'en France, des accidents assez nombreux se sont déjà produits.

Les récipients contenant de l'acide carbonique liquide et des gaz comprimés, ne sont soumis, en France, à aucune réglementation au point de vue de leur emploi, mais il existe des arrêtés ministériels relatifs au transport par chemins de fer des matières inflammables ou explosibles, autres que les poudres et la dynamite, et parmi lesquelles a été classé l'acide carbonique liquide.

Dans sa séance du 24 juillet 1891, le Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine a émis le vœu suivant :

« Le Conseil d'hygiène,

» Considérant le nombre considerable de récipients renfermant des gaz comprimés qui circulent dans les rues de Paris, et les dangers que ces récipients feraient courir, en cas d'explosion, à la sécurité publique,

» Est d'avis :

» Qu'il y a lieu, par M. le Préfet de Police, de demander à M. le Ministre des Travaux publics de vouloir bien soumettre la question à la Commission centrale des machines à vapeur, et inviter cette Commission à préparer, s'il y a lieu, un projet de règlement indiquant les mesures à prendre pour éviter les dangers signalés par le Conseil. »

Le Ministre des Travaux publics s'était déjà préoccupé des dangers que le transport par chemins de fer des gaz comprimés pouvait faire courir à la sécurité publique, et un arrêté, sur ce point, en date du 9 janvier 1888, avait été notifié aux Compagnies de chemins de fer avec publications et affichages. Une nouvelle circulaire, en date du 6 avril 1894, à MM. les Administrateurs des Compagnies des chemins de fer a décidé que l'acide carbonique liquide serait maintenu dans la première catégorie des matières explosibles ou inflammables et que son transport par chemins de

fer s'effectuerait aux conditions, au nombre de huit (1), énoncées à ladite décision ministérielle, laquelle a été portée également à la connaissance des différentes Sociétés qui avaient adressé des réclamations au sujet du transport de l'acide carbonique liquide.

L'exposé que nous venons de faire indique quel intérêt s'attache, au point de vue de la sécurité publique, aux renseignements de faits que nous allons faire connaître à la Société des Ingénieurs Civils.

D'ailleurs, depuis quelques années, l'emploi dans l'industrie de corps gazeux liquéfiés ou comprimés a pris de l'essor, et il en est résulté une augmentation du nombre des accidents, principalement à l'étranger, et une aggravation de leurs conséquences.

Circonstances de l'accident.

Le vendredi 28 décembre 1894, vers une heure ou une heure et quart de l'après-midi, une bouteille en fer soudée contenant environ 8 *kg* d'acide carbonique liquide a fait explosion dans le casier n° 1 du parc à bouteilles qui se trouve dans la première travée de l'atelier de *La Carbonique française*, 20, rue Tiphaine, à Paris. Le casier contenait, ainsi que l'indique le plan ci-annexé, d'un côté trois rangées de bouteilles posées debout, et du côté opposé quatre à cinq rangées.

La bouteille qui a fait explosion est l'une des bouteilles des

1) L'acide carbonique liquide sera maintenu dans la première catégorie des matières explosibles ou inflammables et son transport par chemin de fer s'effectuera aux conditions suivantes :

1° Ce produit devra être pur de tout résidu d'air;

2° Il devra être renfermé dans des récipients en fer forgé ou en acier doux;

3° Ces récipients seront soumis, au préalable (aux frais de l'expéditeur) à une épreuve officielle constatant qu'ils supportent, sans fuites et sans déformations permanentes, une pression de 250 *kg* par centimètre carré.

Cette épreuve sera renouvelée tous les trois ans;

4° Les récipients porteront une marque officielle placée à un endroit bien apparent, indiquant le poids du récipient vide avec tous ses accessoires, la charge en kilogrammes qu'il peut contenir et qui doit être limitée à 1 *kg* de liquide pour 1,34 *m* de capacité, et enfin la date de la dernière épreuve.

Toutes ces indications doivent être poinçonnées par l'agent qui aura procédé à l'épreuve des récipients;

5° Les soupapes et robinets devront être protégés par des chapes ou couvercles, du même métal que les récipients, vissés sur ces derniers et portant le même numéro poinçonné par l'agent qui aura procédé à l'épreuve;

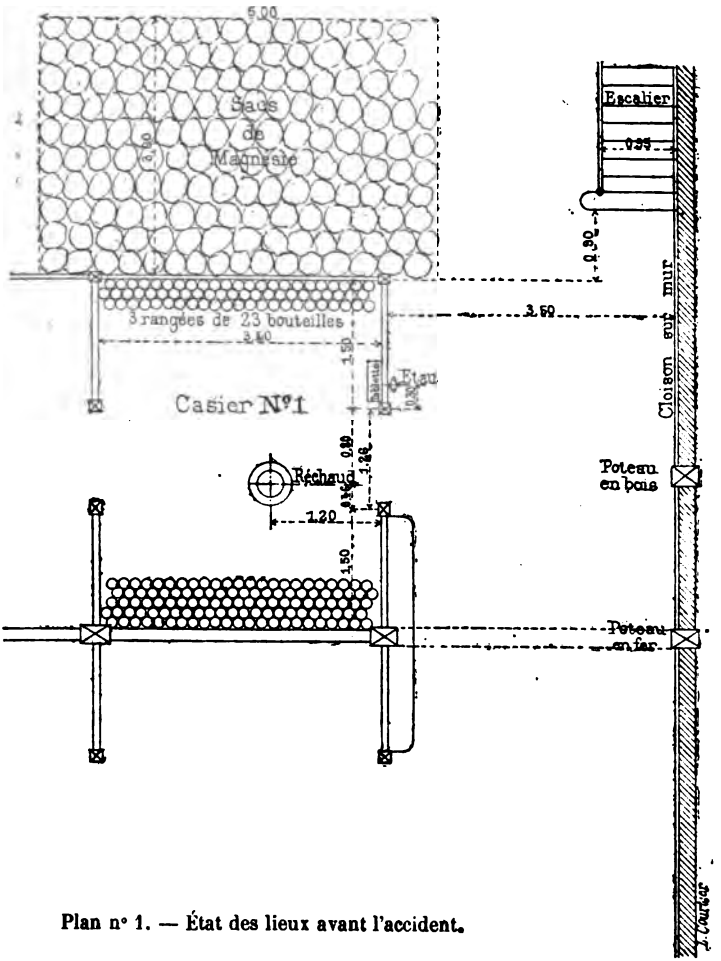
6° Quand ils seront chargés en vrac, les récipients devront être peints en blanc et confectionnés, en outre, de façon à ne pouvoir rouler, ou pourvus, au besoin, d'une garniture extérieure remplissant ce but;

7° Ils ne pourront, *en aucun cas*, être jetés ni exposés aux rayons du soleil, ni à la chaleur du feu;

8° Leur transport n'aura lieu que dans des wagons couverts et à panneaux pleins.

trois rangées comprenant ensemble soixante-dix bouteilles, soit vingt-trois par rangée.

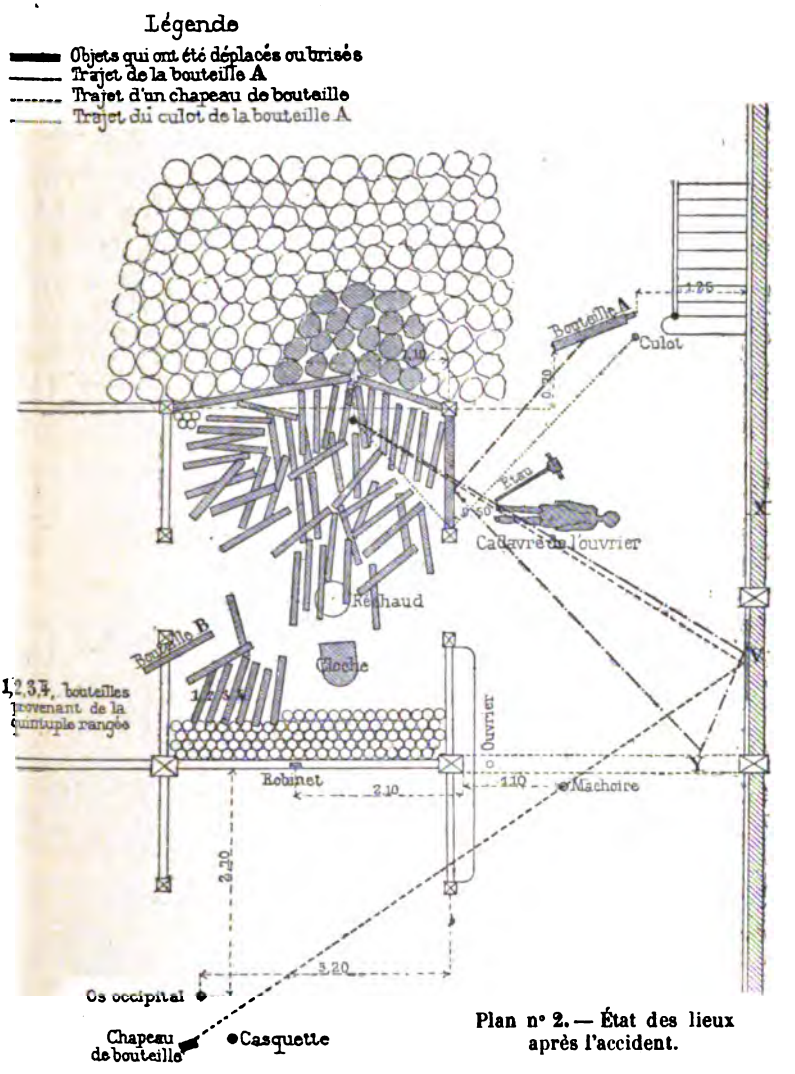
Le casier rectangulaire ayant 3,40 *m* de longueur dans le sens des rangées de bouteilles, et 4,26 *m* dans l'autre sens, était constitué par une barrière en bois de 0,90 *m* de hauteur.



Plan n° 1. — État des lieux avant l'accident.

Contre la barrière, et en dehors de celle-ci, était placé un étau devant lequel se trouvait l'ouvrier J..., occupé à ajuster des clés destinées à la manœuvre du robinet des bouteilles. Cet étau était placé tout près et à droite de l'une des portes du casier, et de l'autre côté de la porte, tout près de l'angle d'extrémité du casier, se tenait l'ouvrier S... devant une table à hauteur de la barrière.

Soudain, une explosion violente dont le bruit s'est entendu dans le voisinage comme un coup de canon sourd, s'est produite dans la rangée triple de bouteilles qui se trouvait à la droite de J... Sur les soixante-dix bouteilles, soixante-quatre ont été pro-



Plan n° 2. — État des lieux après l'accident.

jetées ou renversées, parmi lesquelles deux avaient perdu leur acide carbonique. C'était d'abord la bouteille A qui avait fait explosion, et c'était ensuite la bouteille B, dont le corps cylindrique était intact, mais dont la tubulure en bronze avait été

cassée après que le chapeau de la bouteille avait été lui-même enlevé dans les différents chocs qui se sont produits.

La bouteille A a été trouvée en arrière et à droite de l'étau et à environ 3 *m* du point où elle avait fait explosion. Cette bouteille avait la tubulure intacte, mais elle avait perdu son chapeau. Quant au corps cylindrique qui la constituait, il était ouvert sur presque toute sa hauteur en s'évasant vers le bas, et le fond plat séparé de la bouteille, a été trouvé tout à côté de celle-ci, à une distance de 3,50 *m* du point occupé avant l'explosion.

La bouteille B, pesant vide sans robinet et sans chapeau 33,500 *kg*, a été trouvée à l'intérieur du casier, en avant et à gauche de l'étau, à une distance de celui-ci de 3,50 *m* jusqu'au milieu de la bouteille. Le robinet de celle-ci, pesant 830 *g*, a été trouvé sur la traverse en bois de la barrière, derrière la rangée quintuple de gauche et à une distance de 3,25 *m* de l'étau. Quant au chapeau, il n'existe plus, bien entendu, sur la bouteille B, puisque c'est le détachement de ce chapeau qui avait précédé et provoqué la rupture du robinet.

Il est incontestable que c'est le chapeau trouvé près de la casquette et de la base du crâne de la victime qui est le chapeau homicide, mais à quelle bouteille appartient-il ?

Le doute a plané sur ce point jusqu'au jour où, à la suite d'investigations minutieuses, nous avons, avec le directeur de l'usine, acquis la conviction que le chapeau homicide, pesant 2,150 *kg*, appartenait à la bouteille A, et qu'il faisait corps avec cette bouteille, lorsque le malheureux ouvrier a été frappé.

Nous expliquons plus loin comment les choses se sont passées.

L'examen des deux plans que nous venons de présenter permet de se rendre compte de l'état des lieux un instant avant et un instant après l'accident.

Nous rechercherons plus loin quelle était la position, avant l'accident, de la bouteille A, mais l'état des lieux constaté quelques minutes après l'accident par le commissaire de police et par le docteur-médecin, et qui est figuré sur le plan n° 2, indique très nettement que le projectile qui a emporté les trois quarts de la tête de J... est parti devant lui et à droite, qu'il est venu frapper, en montant, une cloison de bois à environ 4,87 *m* de hauteur au-dessus du sol ; et que, faisant ricochet sur cette cloison, ce projectile, avec un angle d'inflexion à peu près égal à l'angle d'incidence, a parcouru en sens inverse un chemin d'environ 8 *m*, et sur la ligne d'inflexion à environ 2,50 *m* de la cloison en bois,

a été trouvé un fragment du maxillaire supérieur auquel adhéraient trois dents.

Le cadavre a été trouvé un peu en arrière de la place qu'occupait l'étau sur une direction à peu près perpendiculaire à la balustrade, les pieds du côté de ladite balustrade. Quant à l'étau, il était à la droite du cadavre, tout près de lui, complètement dépouillé de son attache; les mâchoires de l'étau éloignées de la balustrade, de sorte que l'on peut dire que l'étau est tombé sous une force qui a agi sur sa partie supérieure.

La cloison en bois sur laquelle le projectile est venu ricocher ferme sur le hall de l'atelier un magasin situé à un étage dont le plancher est à 3,56 *m* au-dessus du sol. Cette cloison est en frises de sapin de 10 *cm* de largeur et 25 *mm* d'épaisseur à rainure et languette posées verticalement sur des traverses. Sept de ces frises ont été plus ou moins détachées, sur une largeur de 70 *cm*, à partir d'un poteau en bois.

La traverse en bois sur laquelle appuyaient les frises à mi-hauteur a été défoncée en dedans, et un tuyau de cuivre qui se trouvait en dedans, contre la cloison, a été violemment projeté.

Le point de la cloison où la bouteille A, violemment lancée, a rencontré ladite cloison, se trouve sur une verticale passant par le point V du plan n° 2 et à 4,87 *m* de hauteur au-dessus du sol.

Le robinet de la bouteille B a rencontré la cloison en un point situé à 6,55 *m* de hauteur sur une ligne verticale passant par le point X du plan.

Enfin la partie de l'angle intérieur de la charpente sur laquelle la bouteille A est venue ricocher, se trouve à environ 6 *m* de hauteur et l'aplomb du point V du plan, c'est-à-dire à environ 45 *cm* de la cloison du magasin.

Donnons quelques détails sur l'état du cadavre et sur les effets foudroyants du projectile.

Plus de la moitié de la tête de l'ouvrier a été emportée. La blessure était unique, mais horrible. Il ne restait du visage que le menton, la moitié droite du nez, la joue droite, l'oreille droite, une petite portion droite du frontal et le rocher auquel était fixé un morceau du pariétal droit. Du cerveau et de ses enveloppes, plus de traces sur le cadavre. La cervelle, en mille débris, avait été projetée sur le mur voisin, et sur la magnésie emmagasinée et jusque sur la face inférieure de la toiture.

Le sol est couvert de débris osseux; ici, un fragment de maxillaire supérieur auquel adhèrent trois dents, deux incisives et la

canine gauche; là, des débris plus petits, complètement dénudés extérieurement et intérieurement. Un point qui a appelé l'attention du docteur-médecin, c'est l'état des os du crâne, qui étaient dépouillés de toute membrane, et qui étaient comme polis. Aucune trace de sang n'a été trouvée ni sur le projectile qui a emporté la tête, ni sur les débris qui avaient été projetés au loin.

Près de l'instrument de mort (chapeau d'une bouteille à acide carbonique) et loin du cadavre, une calotte osseuse complètement dénudée, constituée par l'occipital presque complet, et tout à côté, la casquette que portait la victime.

Effets dynamiques.

Indiquons quels sont les effets dynamiques produits par l'explosion de la bouteille A.

1° *64 bouteilles d'acide carbonique* qui étaient dressées presque verticalement contre la balustrade en bois, côté des sacs, ont été jetées à terre à peu près comme l'indique la figure 2, chacune de ces bouteilles pesant 45 à 48 *kg*.

Le plus grand amas de bouteilles était devant la porte et dans l'espace compris entre le réchaud et le poteau d'angle de droite du casier. Les bouteilles du coin, à gauche, étaient, sauf six, restées debout, toutes parallèlement les unes sur les autres, comme des capucins de cartes. De plus, une bouteille a été lancée jusqu'au coin le plus éloigné de l'étau, et a fait tomber trois bouteilles de la quintuple rangée.

Deux ou trois bouteilles autres que les bouteilles A et B ont reçu, l'une d'elles surtout, des chocs violents dont elles portent la trace, et enfin dix à douze chapeaux de bouteilles ont été trouvés isolés, et avaient par conséquent été détachés des bouteilles qui les portaient.

2° *Barrière en bois* qui supportait les bouteilles et derrière laquelle se trouvaient des sacs de magnésie.

Cette barrière, d'environ 90 *cm* de hauteur, est formée par des potelets en bois dur aux deux angles réunis à leur partie supérieure, et à environ 15 *cm* du sol, par deux cours de traverses horizontales en bois de sapin. La traverse supérieure est formée par un demi-madrier 11 × 7 1/2 posé à plat, et la traverse inférieure, par un chevron 7 × 8, lesdites traverses tenues à leurs extrémités par un tenon et une équerre en fer.

La traverse inférieure a été cassée par une pression horizontale qui s'est exercée à 1,10 *m* de distance du potelet d'angle du côté de l'étau, laquelle pression a été donnée par une bouteille qui a laissé son empreinte rouge. (Il n'y avait pas longtemps que les bouteilles avaient été peintes.) A droite de cette empreinte et à 24 *cm*, se trouve une autre empreinte; puis une autre plus loin à 32 *cm* et celle-ci monte en obliquant à gauche. En se cassant sous la pression horizontale, la traverse a pris une flèche de 39 *cm* en repoussant le bas des sacs sur trois rangées.

Cette pièce de bois ne présente aucune éraflure ni sur le côté, ni en dessous, mais elle est fendue verticalement sur ladite longueur de 1,10 *m*, et dans le haut de la fente se trouve, en deux points, une petite marque rouge et un coup par-dessus, indiquant que cette pièce a été séparée en deux par une bouteille qui est tombée dessus.

Il va sans dire que la cassure suivant la section 7 × 8 est indépendante de la fente longitudinale, puisque la première provient d'une force à peu près horizontale, tandis que la seconde provient d'une force à peu près verticale.

La traverse supérieure constituée par un demi-madrier ayant 11 *cm* dans le sens horizontal, est cassée elle-même suivant sa section à 1,20 *m* de l'extrémité, c'est-à-dire à 10 *cm* environ un peu plus loin du potelet que la traverse inférieure; la cassure se trouve entre deux contrats de bouteilles, celui de droite étant un peu oblique.

La flèche qu'a prise la pièce de bois en cassant est moins grande que la flèche de la traverse inférieure.

3° *Barrière perpendiculaire à la première*, qui supportait l'étau et sa tablette.

Les dimensions des pièces sont les mêmes que celles de la précédente.

La tablette qui était en dedans du casier à bouteilles avait 50 *cm* de longueur et 22 *cm* de largeur. Cette tablette était soutenue par une équerre en fer de 40 × 7 et de 20 *cm* de longueur des branches. Cette tablette n'existe après l'accident qu'à l'état de débris, et deux d'entre eux, que nous avons trouvés, portent en un point des traces évidentes d'un choc reçu de haut en bas.

La traverse supérieure de la barrière qui a environ 1,45 *m* de longueur, porte plusieurs cassures. Elle a été cassée vers le milieu de sa longueur, sous un choc de haut en bas, qui l'a tranchée à moitié, à une distance de 0,62 *m* à partir du potelet de la porte.

De plus, à environ 0,20 *m* de son extrémité, c'est-à-dire vers le point où se trouvait le collier de l'étau, il y a une forte cassure au droit de l'étau, montrant qu'il y a eu en ce point encore un choc très violent qui a fait tomber l'étau dans l'allée à l'extérieur du casier à bouteilles.

Quant à la traverse inférieure, elle est simplement fendue, mais elle a un choc dans l'angle en dessous contre le potelet de la porte, lequel est en chêne et présente, lui aussi, une éraflure, comme la partie voisine de la traverse en sapin. En présentant le culot de la bouteille A en dessous de ces deux pièces de bois et obliquement, nous avons acquis la certitude que c'est ce culot qui a produit les deux éraflures, et il ne peut y avoir de doute à l'inspection des fibres chêne et sapin que porte ce culot, celui-ci en ricochant a rencontré le pied de l'étau qui était simplement posé sur le sol dans une dépression d'environ un centimètre de profondeur.

4° *Renversement de la cloche supérieure en fonte du réchaud.* — Cette cloche a environ 0,35 *m* de diamètre et à peu près autant de hauteur. La partie inférieure du réchaud contenant encore du coke incandescent n'a pas été déplacée.

5° *Déplacement des sacs de magnésie.*— Des sacs de magnésie, posés à peu près verticalement contre la première balustrade en bois, ont été légèrement déplacés dans le sens horizontal et principalement à leur partie inférieure. Nous estimons qu'avant l'accident, la distance libre entre le pied des sacs et la traverse inférieure était d'environ 0,10 à 0,15 *m*, en raison même de l'inclinaison des sacs par rapport à la verticale, inclinaison dont nous avons pu nous rendre compte approximativement par celle des sacs placés beaucoup plus à gauche. Or, cette distance libre a été portée jusqu'à 0,39 *m* ; par conséquent le pied des sacs a été repoussé d'environ 0,25 à 0,30 *m* au point où la poussée a été la plus grande, et trois rangées de sacs se sont rapprochées à leur partie inférieure, nous avons jugé que la quatrième rangée de sacs n'avait été, en aucune façon, influencée par l'explosion, et que le nombre de sacs qui ont fait un mouvement est de 15 environ. Chaque sac a en moyenne 0,30 *m* de diamètre, et 0,87 *m* à 0,90 *m* de hauteur, et il pèse 90 à 95 *kg*.

M. le Directeur nous a déclaré (et nous avons pu le vérifier, le 2 janvier) que le troisième sac de devant marqué S sur le plan n° 3, porte en bas, de 0,20 à 0,30 *m* du sol, la trace de glycérine,

laquelle provenait de la bouteille rompue. Un peu de glycérine se mélange à l'acide, dans les pompes de compression.

Pour compléter les renseignements sur les effets dynamiques, observons que l'explosion s'est produite dans un grand atelier à deux travées, dont la porte, sur la cour, était ouverte. Les dimensions de l'atelier sont les suivantes :

Largeur (2 travées de 11,36 et 11,64 *m*). . . .	23 *m*
Largeur jusqu'au magasin	27,70 *m*
Hauteur, jusqu'à la naissance des fermes. . . .	5,50 *m*
Surface horizontale	637 m^2
Cube d'air	4 520 m^3

Aucune vitre du toit n'a été brisée, si ce n'est deux vitres au-dessus de l'escalier, dans le voisinage immédiat de la cloison du magasin. On suppose qu'elles ont été percées par un petit cylindre d'ébonite gros comme le pouce, qui était posé sur la table placée devant l'étau, et que l'on a retrouvé sur le toit, côté d'un des carreaux de verre percés.

Indiquons maintenant avec précision les dimensions et l'état des deux bouteilles A et B.

Bouteille A qui a fait explosion.

Cette bouteille porte gravée à la partie supérieure :

N° 1336, une tête de lion, 250 atmosphères.

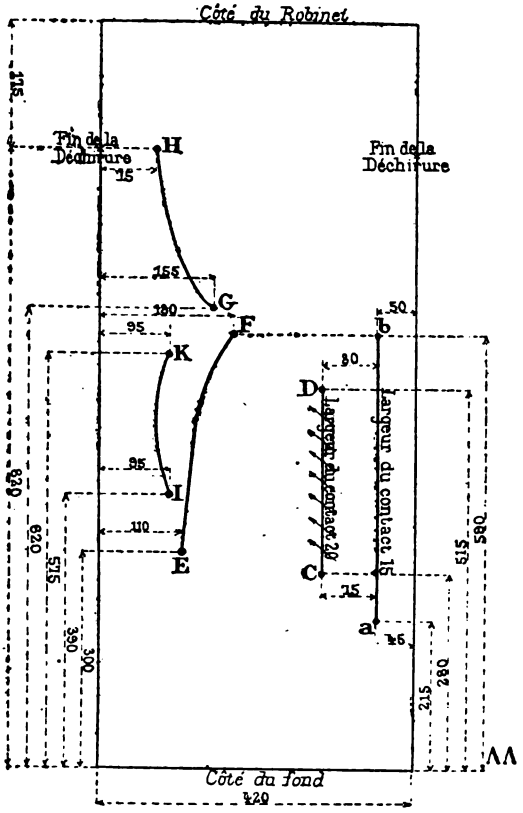
23, 11 - 1889 $\left|\frac{\text{DB}}{818}\right|$ Poids 40 kilogs — La Carbonique française.

Il résulte de cette inscription que la bouteille a été éprouvée en Allemagne à 250 *atm*, le 23 novembre 1889.

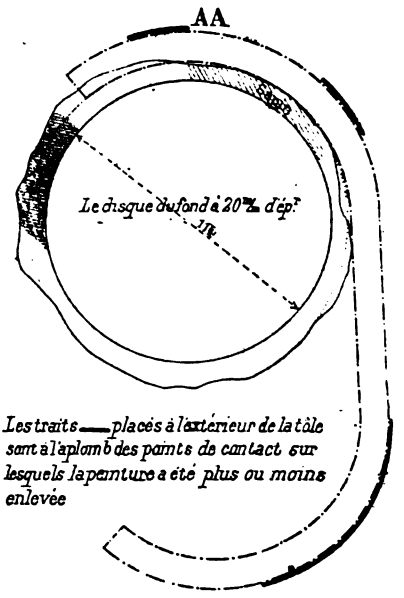
La déchirure s'est produite suivant la ligne de soudure, sur une longueur de 0,58 *m*, avec un point situé à 0,29 *m* de l'intérieur du fond où le métal présente une section un peu défectueuse. C'est là, très probablement, l'origine de la déchirure. Plus haut, la déchirure s'est prolongée en dehors de la ligne de soudure.

L'épaisseur de la tôle soudée est de 11 *mm*, mais elle se réduit à 9 *mm* à 0,30 *m* du fond, l'épaisseur du métal est différente sur les deux lèvres de la génératrice rompue. Sur la lèvre B, l'épaisseur de la tôle se réduit à 9 *mm*, tandis que sur la lèvre C, l'épaisseur est de 11 *mm* dont 9 *mm* correspondent à la partie récemment sectionnée, et les deux autres millimètres s'appliquent à une

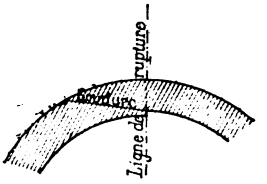
partie qui n'a jamais été soudée, comme le montre le croquis ci-dessous.



Développement de la bouteille qui a éclaté, la déchirure étant derrière, et en supposant que cette déchirure a suivi la génératrice du cylindre sur toute la longueur.



Bas de la bouteille A, vu d'en haut au moment où le fond s'est détaché.



Bouteille A.

Entre les points *a* et *b*, la forme extérieure est convexe, plus bas elle rentre un peu, et plus haut elle rentre beaucoup pour aller rejoindre le diamètre normal.

Le contact CD présente des stries de droite à gauche et montant un peu.

Sur les deux contacts *ab* et CD, la peinture est brisée à gauche, et à droite les stries se perdent dans la peinture.

La partie AA, où la soudure du fond a tenu le plus longtemps, se trouve à droite du croquis ci-contre, et à gauche, c'est-à-dire sur la lèvre qui s'est ouverte la première, après la déchirure, on voit sur la bouteille, extérieurement, un léger sillon dont la peinture est intacte. C'est la limite de la zone de soudure, car ce sillon suit exactement une génératrice.

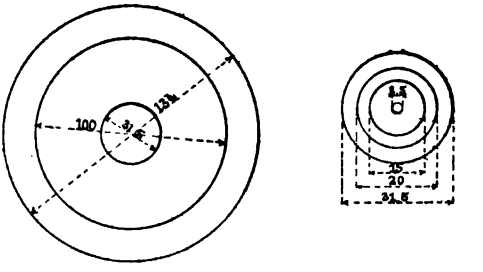
La déchirure s'est donc faite au droit de la ligne intérieure de soudure; elle s'est faite suivant un rayon, sans suivre le plan oblique de la soudure.

Bouteille non déchirée B, mais dont le robinet a été cassé.

Cette bouteille porte les marques suivantes :

N° 505. 250 atmosphères, éprouvée le 20.6.1889 (20 juin 1889).

Le poinçon du fonctionnaire allemand chargé de l'épreuve est à côté. Il est constitué par un lion debout, deux pattes en l'air, la queue en l'air et recourbée.



Poids : 36,60 *kg*.

Le trou du robinet a un diamètre de 2,5 *mm*.

Le petit mamelon base du robinet est fileté, il a un diamètre fond de filet de 29 *mm*; le diamètre du dehors est de 31,5 *mm*.

Le mamelon est brisé à une hauteur qui comprend 3 à 4 filets, soit sur une hauteur d'environ 5 à 7 *mm*.

Diamètre extérieur de la bouteille, 134 *mm*.

L'examen de la face cylindrique de la bouteille a dénoté six contacts accusés par l'enlèvement ou l'altération de la peinture.

Comment et pourquoi l'accident est arrivé.

Il convient de rechercher tout d'abord quelle était, dans la triple rangée de bouteilles, celle qui a fait explosion.

La nature des effets dynamiques produits, la trajectoire qu'a suivie cette bouteille et la forme de la déchirure, sont de nature à pouvoir indiquer, d'une façon à peu près certaine, quelle était la position de la bouteille A, au moment où, sous une cause que nous rechercherons plus loin, elle s'est ouverte suivant une génératrice.

Cette bouteille A n'appartenait pas à la première rangée qui s'appuyait sur la balustrade, car s'il en eût été ainsi, nous aurions trouvé une ou plusieurs éraflures sur l'une ou l'autre, et probablement sur les deux traverses en bois; or, celles-ci ne présentent sur leurs faces aucune éraflure et simplement la marque, dans la partie rompue, de plusieurs horizontales exercées par les bouteilles.

Cette bouteille A n'appartenait pas non plus à la troisième rangée, car s'il en eût été ainsi, les effets dynamiques eussent été tout différents, et la surface de la bouteille éclatée ne présenterait pas les points de contact et les stries que nous y avons observés, et qui coïncident avec les contacts qu'a dû avoir une bouteille de la rangée du milieu.

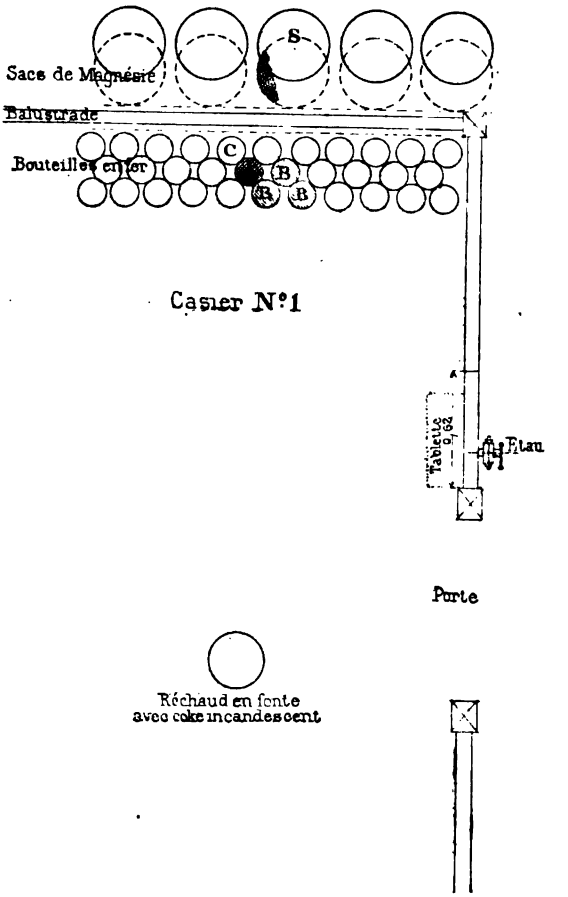
En admettant que cette bouteille occupait, dans la deuxième rangée, la place que nous avons hachée en double trait dans le dessin à l'échelle de 1/20 que nous donnons ci-contre, nous arrivons à nous expliquer tous les phénomènes observés.

La bouteille A éventrée par l'explosion à sa partie inférieure, a été lancée dans la direction de l'étau, et, d'autre part, on a trouvé sur le sac S des traces de glycérine à peu près à la position indiquée en rouge sur le plan n° 3. On en doit conclure que la génératrice de rupture était dans la direction de la bouteille C, car celle-ci, poussée par le violent courant de CO^2, est venue casser la traverse inférieure de la balustrade à 1,10 *m* du potelet.

Le maximum de renflement de la bouteille éventrée étant un peu au-dessus du fond, il en faut conclure que la première ouverture qui s'est faite sous l'énorme pression développée dans la bouteille a eu lieu dans la partie cylindrique; mais le culot, qui n'était qu'encollé à chaud, donc très médiocrement soudé, a dû

céder immédiatement après, à en juger par les phénomènes observés.

Le premier mouvement de la bouteille a été de reculer dans la direction opposée à celle du jet gazeux, c'est-à-dire dans la direction de l'étau; mais le culot s'étant alors détaché, ce premier mouvement horizontal s'est combiné avec un mouvement vertical, de sorte que la bouteille A a pris dans son mouvement la direction d'une ligne oblique qui a passé par la tête de l'ouvrier et qui s'est continuée à peu près en ligne droite jusque sur la cloison.



Coupe horizontale, par un plan situé à environ 0,30 *m* au-dessus du sol.

En reculant et en montant, comme nous venons de le dire, la bouteille A a exercé son action sur un assez grand nombre de bouteilles de la triple rangée, et principalement sur les trois bouteilles B, et cette action a été augmentée par cette circonstance que le jet d'acide a établi une pression à ras du sol, qui a eu pour effet de faire monter les bouteilles voisines. C'est l'une de ces trois bouteilles B, sans pouvoir indiquer laquelle, qui a perdu son robinet, après que le chapeau s'est lui-même détaché.

Il est probable que lorsque la bouteille A, qui s'ouvrait progressivement sous toutes ces actions multiples, a dépassé, en s'élevant, les bouteilles B, elle a, dans la rapidité de son mouve-

ment, choqué fortement l'un des chapeaux, l'a détaché, et l'action, en se continuant, a dû casser en même temps le robinet.

Cette explication peut être exacte, mais d'autres peuvent l'être aussi. Ainsi dans ce choc entre un certain nombre de bouteilles, les unes ont été projetées sur les autres, et finalement sont tombées, de sorte que dans ces mouvements dus aux vitesses acquises et à la pesanteur, quelques chapeaux ont dû se détacher de ces bouteilles, et l'une d'elles a perdu son robinet.

M. le Directeur de l'usine a donné une autre explication de cette rupture; il croit, quant à lui, que l'une des bouteilles de la première rangée, ayant été poussée par la bouteille A, vers l'angle opposé à celui de l'étau, elle a renversé deux ou trois bouteilles de la quintuple rangée, et c'est dans la chute, sous le seul effet de la pesanteur, que l'une de ces bouteilles a perdu son chapeau et son robinet, lesquels ont été lancés par le jet d'acide sortant de ladite bouteille (1). Ce qui l'a porté à croire qu'il en est ainsi, c'est que la bouteille dont il s'agit a été trouvée en ce point.

L'hypothèse du Directeur, qui est en harmonie avec des faits souvent observés et avec des essais faits par nous-mêmes, en laissant tomber des bouteilles les unes sur les autres, serait très admissible, si elle n'avait pour conséquence qu'un jet de CO^2 passant par un trou de 2,5 *mm* aurait été capable de lancer le chapeau et son robinet, ensemble 3 *kg*, à une hauteur de 6,55 *m*, sur une cloison distante de plus de 6 *m* en ligne horizontale, ce qui correspond à un chemin parcouru de 9,35 *m*, ainsi que nous l'avons mesuré.

Nous ne pouvons concevoir qu'un si petit jet sortant d'une bouteille chargée à 60 ou 80 *atm*, ait pu lancer un tel projectile, et pour arriver à le comprendre, il nous faudrait faire l'une des deux hypothèses suivantes qui ne sont pas absolument inadmissibles.

Ou bien la bouteille X qui faisait nécessairement partie de la première rangée, soumise par conséquent à l'influence de la chaleur du poêle, s'est trouvée dans des conditions de remplissage

(1) A l'appui de son opinion, M. de Doncker, Ingénieur-Directeur, qui a apporté le concours le plus empressé dans l'enquête au sujet d'un accident dont il ne soupçonnait pas la cause, nous a communiqué que la Société stéphanoise d'armes, exploitant la carabine Giffard à l'acide CO^2 liquide, lui prend des bouteilles qu'elle met le culot en l'air, pour être sûre de ne prendre que de l'acide liquide. La Société de Saint-Étienne charge de petites fioles en fer contenant 100 *g* avec lesquelles on peut tirer 100 coups de carabine en lançant une balle de plomb de 3,3 *g* avec une vitesse initiale de 300 *m*.

La Société lui rend les bouteilles vides pour ainsi dire, puisqu'elles contiennent moins de 1 *kg* d'acide au lieu de 10 *kg*. La bouteille contient encore une pression que M. de Doncker estime être au moins 55 *atm*.

analogues à celles que nous appliquerons plus loin pour la bouteille A, et dans ces conditions, la pression de 60 à 80 *atm* a dû être beaucoup dépassée.

Ou bien le robinet de ladite bouteille X n'était pas étanche, et du gaz, sous une certaine pression, a pu se cantonner dans l'intérieur du chapeau, et dans ces conditions, sa projection au loin s'expliquerait très bien.

Mais il n'est pas nécessaire de faire appel à ce concours de mauvaises circonstances, puisque l'une des trois bouteilles B, lancée par la bouteille A, dans la direction de l'étau, a pu très facilement perdre son chapeau et son robinet, et lancer, dans la direction de la victime, un jet de gaz dont le docteur en médecine a admis le voisinage, pour bien s'expliquer l'épanouissement de la cervelle, et la mise à nu des os du crâne.

L'une de ces trois bouteilles B, perdant son chapeau, on s'explique plus facilement pourquoi celui-ci est allé frapper au point que nous avons indiqué, et qui se trouve dans la verticale X. En effet, la vitesse prise par le chapeau a eu pour cause la poussée de la bouteille A, et le jet de gaz sortant de la bouteille B. Enfin, comme le robinet a été trouvé à la position R, le ricochet sur la cloison s'explique bien mieux, si le robinet est parti d'un point voisin du centre de l'explosion plutôt que de le faire partir d'un point voisin de l'angle diagonalement opposé.

Quant à expliquer pourquoi la bouteille qui a perdu son robinet a été trouvée à la position tracée au plan n° 2, rien n'est plus simple. En effet, cette bouteille a pu frapper la balustrade ou une autre bouteille placée devant elle. Elle a donc pu revenir un peu en arrière, alors surtout, qu'elle y a été sollicitée par la réaction du jet gazeux, et par la présence de bouteilles, posant à terre, qui offraient, par conséquent, un plan de glissement facile.

Rappelons que le robinet et le chapeau sont d'abord partis ensemble, car nous avons observé à l'intérieur et au fond du chapeau les traces produites par le choc du robinet, mais il est rationnel d'admettre qu'en arrivant sur la cloison, les deux pièces se sont séparées; le chapeau arrivant avec une très faible vitesse sur la cloison, a dû tomber non loin du pied de celle-ci, tandis que le robinet, beaucoup plus dense, a pu faire ricochet jusqu'au point où on l'a trouvé, sur la balustrade soutenant les cinq rangées de bouteilles.

Revenons à la bouteille A, qui a fait explosion, et suivons son mouvement.

C'est cette bouteille, pesant avec son robinet et son chapeau environ 38 *kg* (elle n'avait plus son fond) qui, lancée sur la tête de J..., a produit les effets extraordinaires constatés par le médecin. Ce projectile considérable a d'abord pénétré par le chapeau qui a entraîné avec lui la casquette et l'occiput de la victime, et comme ses dimensions allaient toujours en augmentant, les déchirures et les fractures n'ont pu qu'augmenter de nombre et d'étendue.

La bouteille a frappé la cloison au point situé sur la verticale V, et qui a été marquée par une grande tache rouge; mais son chapeau a dû s'en détacher au moment où il est venu frapper et défoncer le crâne de l'ouvrier, et ce chapeau a dû rencontrer la cloison en un point qui est à droite et un peu plus bas que le point précédent; le chapeau ricochant sur la cloison est allé tomber avec la casquette et l'os occipital, au point où ils ont été trouvés (et que le plan n° 2 indique). En chemin, le fragment de la mâchoire supérieure est tombé au point que nous avons représenté.

Quant à la bouteille, privée de son chapeau, mais portant toujours son robinet, elle s'est redressée sous le choc, contre la cloison, et est allée frapper la base du toit, en un point qui a pu être exactement relevé et qui correspond bien au ricochet naturel de ladite bouteille. Celle-ci ne pouvant continuer sa course, est retombée en ricochant en arrière, sur la traverse supérieure de la balustrade, dans le voisinage de l'étau qu'elle a dû certainement détacher de ladite balustrade, et par un dernier ricochet, la bouteille éventrée est tout naturellement tombée au point où elle a été trouvée.

Le culot s'est détaché presque au premier moment où la rupture s'est faite, mais il avait eu le temps déjà d'être mis en mouvement suivant une ligne horizontale dirigée du côté de l'étau. Au moment où il a été libre, le culot soulevé par la pression des gaz qui existaient sur le sol, a tourné sur lui-même jusqu'à faire un angle de 140 à 150°, et c'est dans cette position qu'il est venu frapper, un peu en dessous, le potelet et la traverse inférieure de l'étau. Les fibres, bois de chêne et bois de sapin, que le culot porte encore, s'adaptent parfaitement aux fibres tranchées de ces deux pièces.

Le culot ricochant sur le potelet en chêne, est allé tout naturellement occuper la position où il a été trouvé.

Les phénomènes que nous venons d'indiquer ne laissent aucun

doute dans notre esprit, et nous expliquent très bien comment l'accident est arrivé.

Avant de rechercher *pourquoi* l'accident est arrivé, nous avons voulu nous rendre compte de l'importance de la vitesse acquise par le chapeau qui, emportant la casquette de l'ouvrier, est allé frapper la cloison en planches élastiques, à une hauteur, au-dessus du sol, d'environ 4,50 *m*, et est retombé, en ricochant, en parcourant en arrière une distance de 8 *m*.

La résistance de l'air étant négligeable aux vitesses dont il s'agit, le chapeau a parcouru 8 *m* horizontalement pendant qu'il tombait de 4,50 *m*

$$e = \frac{1}{2} g t^2 \text{ donne pour le temps } t = \sqrt{\frac{2e}{g}}.$$

L'application de la formule indique que $t = 1$ seconde pendant laquelle le mobile a parcouru 8 *m*; il en résulte donc que la vitesse de ricochet a été de 8 *m* environ.

Cette vitesse doit être très voisine de la vitesse de choc, car on a négligé deux éléments qui la changeraient assez peu et en sens inverse; d'une part, 8 *m* représentent un peu plus que le chemin parcouru, car c'est la distance à laquelle on a relevé le chapeau, mais celui-ci, en tombant, a dû glisser un peu plus loin; le point de chute ayant été un peu plus rapproché, le calcul ci-dessus donne une vitesse un peu forte.

Au contraire, la cloison n'étant pas parfaitement élastique, la vitesse du ricochet a dû être plus faible que celle du choc.

On est donc assez près de la vérité en évaluant entre 8 et 10 *m* la vitesse d'arrivée du chapeau sur la cloison. Cette vitesse correspond à celle d'un train de chemin de fer marchant à la vitesse de 30 à 35 *km* à l'heure. On comprend, par conséquent, pourquoi, étant donnée surtout la masse de la bouteille qui tenait au chapeau, la tête de la victime a pu être emportée.

Pourquoi l'accident est-il arrivé?

Il nous reste à rechercher quelle est la cause ou quelles sont les causes de l'explosion de la bouteille A.

Un premier point à examiner, c'est de savoir si le métal était d'épaisseur suffisante et s'il ne présentait pas de défauts.

Nos constats ont prouvé que la bouteille avait une *épaisseur*

dans sa partie cylindrique variant de 9 à 11 *mm*, soit une moyenne de 10 *mm*.

Appliquons la formule pour le calcul des corps cylindriques à l'intérieur desquels existe une pression, et supposons une tranche de 1 *cm*. De plus, nous admettons que pour rester dans la limite de la sécurité, le métal peut travailler sans déformation permanente à 12 *kg* par millimètre carré. Le nombre d'atmosphères que peut supporter la bouteille se calcule ainsi qu'il suit :

$$12\ kg \times 200 = x \times 10{,}33 \times 115$$

0,115 étant le diamètre intérieur de la bouteille

$$x = 202\ atm.$$

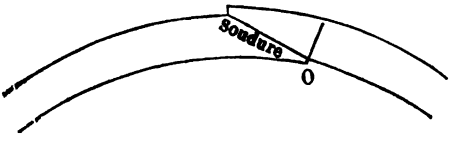
Le remplissage de la bouteille s'étant fait à une pression de 60 à 80 *atm* pouvant aller facilement jusqu'à 90 *atm* et même jusqu'à 120 *atm*, maximum observé. D'après la déclaration du directeur de l'usine, on voit que la bouteille était d'épaisseur bien suffisante pour résister, s'il n'y avait pas eu d'autres causes tendant à augmenter la pression.

En ce qui concerne la *qualité* du métal, nous avons constaté que, sauf le point qui a cédé le premier, la qualité était suffisante et la section exempte de défauts. Si en un point situé à environ 29 *cm* du fond, la section rompue a montré un grain de résistance moindre, on ne peut cependant pas en conclure que c'est là la cause de la rupture, car même en ce point le métal eût pu résister à une pression double de la pression de remplissage.

Donc la cause de l'accident ne doit pas être cherchée dans le défaut de résistance de la bouteille soumise à la pression prévue.

Il convient toutefois d'ajouter que sur une grande partie de la génératrice de rupture, le fer n'avait, en réalité, que 9 *mm* d'épaisseur, et encore faut-il faire une réserve tenant à une imperfection de soudure pour ainsi dire inévitable.

Les deux tranches à souder sur mandrin étant en biseau, il en résulte que, dans le chauffage à blanc, les deux parties extrêmes



étant en lame de couteau, sont le plus souvent trop chauffées, et cependant, il arrive souvent aussi que, le refroidissement étant beaucoup plus rapide, ces parties extrêmes soudent moins bien. De plus, il y a toujours une superposition imparfaite, et alors, principalement à l'intérieur, où l'action du marteau est moins

efficace, il y a une petite dénivellation s'accusant par une arête non soudée. Cette arête plus froide pénètre dans l'autre partie plus chaude, et forme un sillon qui constitue un défaut originel. C'est tellement vrai que la rupture des corps soudés se produit presque toujours au droit de ce sillon et suivant un rayon, sans suivre le plan de soudure. C'est ce qui est arrivé d'ailleurs à la bouteille A.

Néanmoins, répétons-le, la cause de l'accident ne doit pas être cherchée dans le défaut de résistance de la bouteille.

Poursuivons donc nos investigations.

Observons qu'il s'agit ici d'un accident qui, s'il n'est pas unique en France, est du moins fort rare, et que, conséquemment, nous devons admettre que la bouteille a été placée dans les circonstances les plus défavorables que la pratique permet. Cette hypothèse n'est pas vaine, car elle va nous montrer que parmi les circonstances variables, celles qui dépendent de l'industriel doivent être spécialement surveillées pour être à l'abri d'accidents de la nature de celui qui nous occupe.

Nous nous sommes servi, dans l'étude suivante, des données théoriques et pratiques contenues dans une note de la Commission centrale des machines à vapeur (Ministère des Travaux publics) sur les relations entre le volume, la pression et la température de l'acide carbonique liquide et gazeux, ainsi que dans les documents annexes, notamment dans une notice de M. Amagat, à laquelle est joint un diagramme donnant à diverses températures de 0 à 60°, les pressions en atmosphères produites par des charges de CO^2 jusqu'à 1 *kg* par litre. Une copie de ce diagramme est jointe au présent mémoire (voir pl. 142).

Le point critique de l'acide carbonique liquide est de 31 à 32 degrés.

La pression statique à l'intérieur de la bouteille varie avec :

1° La pression de remplissage;
2° Le degré d'emplissage;
3° Les variations de température.

Recherchons successivement quelles ont été, à ce triple point de vue, les conditions de la bouteille qui a fait explosion.

1° *Pression de remplissage.* — Cette pression est une des données de l'industrie; elle varie toutefois dans d'assez fortes proportions, puisqu'elle peut être de 60 à 90 *atm* et même 120 *atm* avec le ma-

tériel de compression qui existe à Paris, 20, rue Tiphaine. Or, si nous prenons une température moyenne de 15°, nous voyons, d'après le diagramme dressé par M. Amagat, que le poids de CO^2 par litre varie de 0,844 *kg* à la pression de 60 *atm*, jusqu'à 0,886 *kg* pour la pression de 90 *atm*, soit 1/20 de variation. Cela n'a rien d'excessif, d'autant plus que la température de remplissage est généralement inférieure à 15°, et que la variation dans la quantité d'acide introduite à diverses pressions diminue avec la température; c'est ainsi qu'à 0°, la variation, en passant de 60 à 90 *atm*, n'est que de 1/30.

Ceci suppose, bien entendu, que la pression ne pourra jamais dépasser 90 *atm*.

2° *Degré d'emplissage.* — C'est là le point important, et la circulaire ministérielle du 6 avril 1894 a prescrit que la charge en kilogrammes des bouteilles à CO^2 doit être limitée à 1 *kg* de liquide pour 1,34 *l* de capacité, ce qui correspond à un poids de 746 *g* par litre de capacité.

A l'usine de Grenelle, cette charge par litre a pu être dépassée, car la circulaire précitée n'a pas été notifiée à la Société « La Carbonique française ». Dans tous les cas, elle n'a pas la valeur d'un règlement vis-à-vis des industriels au point de vue de la manutention et de l'emploi dans leur usine ou dans leur magasin, puisque cette circulaire adressée aux administrateurs des Compagnies de chemins de fer, ne s'applique qu'au transport par chemin de fer de l'acide carbonique liquide.

Nous avons recherché comment se fait la charge à Grenelle et si le volume des bouteilles est constant.

1° *Charge.* — L'ouvrier chargeur nous a fait la déclaration suivante :

« Pour faire la charge, je mets la bouteille sur une petite bascule et je pose à côté de la bouteille le chapeau de celle-ci ; puis je mets le curseur de la balance au point voulu et j'introduis dans la tubulure, qui porte un robinet, le raccord du petit tube en métal recourbé qui amène l'acide d'un grand récipient dans lequel les pompes à vapeur refoulent les gaz.

« Lorsque le levier de la bascule se lève, je m'arrête : la bouteille contient alors la quantité voulue, soit 8 *kg*, soit 10 *kg*; je la ferme et j'enlève le raccord. Je puis mettre, sans m'en apercevoir, 500 à 600 *g* de liquide en plus. Pour la remplir complètement,

il faudrait mettre au moins un kilogramme en plus. Pendant mes opérations de remplissage, personne ne vient vérifier le poids, je suis seulement surveillé d'une façon générale par le contremaître. »

Nous avons fait procéder devant nous à la charge de quelques bouteilles dans les conditions habituelles. Nous avons éprouvé la sensibilité des bascules alors que le plateau était libre et nous avons constaté une sensibilité suffisante, mais il n'en a pas été de même lorsque le plateau s'est trouvé chargé d'une bouteille dont la tubulure supérieure était reliée par le tube recourbé de remplissage, au magasin d'acide. Dans ces conditions, nous avons pu placer successivement cinq, dix et jusqu'à treize pièces de dix centimes, c'est-à-dire 130 *g*, sans que la bascule accusât la moindre variation et ce n'est qu'en portant le nombre des pièces à dix-huit, qu'un mouvement bien accusé du fléau, quoique très faible, a été constaté.

Au cours de nos opérations, nous avons fait ouvrir à plusieurs reprises la petite tubulure de 2, 5 à 3 *mm* de diamètre qui sert au remplissage des bouteilles, afin de nous rendre compte de la violence de projection du courant fluide qui sort par la tubulure et qui est visible sur un parcours d'au moins 6 *m*. Il jaillit par la petite tubulure un jet d'acide carbonique liquide qui, en arrivant dans l'atmosphère, se convertit et se détend en acide carbonique gazeux, mélange d'une poussière carbonique plus ou moins solide à très basse température. En présentant notre bras devant le jet, nous avons éprouvé la sensation d'une poussée d'environ 2 *kg*, Pendant l'expérience, la pression dans le faisceau tubulaire du magasin d'acide liquide était de 60 *atm*.

2° *Volume des bouteilles.* — Nous avons pris au hasard dix bouteilles vides parmi celles de 8 *kg* existant à l'usine (1) et ces dix bouteilles, dépourvues de leur chapeau et de leur robinet, ont été, chacune, pesées vides et pleines d'eau, afin de pouvoir se rendre compte du volume intérieur desdites bouteilles cylindriques. Voici un tableau qui donne le résultat de cette opération :

(1) Il y a en tout à l'usine ou chez les clients :
2 250 bouteilles en acier fabriquées à Louvroil (France); elles sont de 10 *kg*.
2 900 bouteilles en fer, fabriquées à Dusseldorf (Allemagne). Il y en a 2 000 de 10 *kg* et 900 de 8 *kg*.
Les bouteilles sont de même diamètre, la hauteur seule varie. Elle est de 1 *m* pour celles de 8 *kg* d'acide.

Numéro de la bouteille.	Poids vide.	Poids remplie d'eau.	Volume intérieur.
712	34,900	46,000	11,1
623	36,100	46,800	10,7
1 261	37,000	48,000	11,0
857	35,400	46,600	11,2
1 180	34,800	45,800	11,0
694	36,500	47,000	10,5
725	36,200	47,300	11,1
1 345	35,400	46,400	11,0
946	37,700	48,700	11,0
1 076	37,300	48,300	11,0

Le volume intérieur a donc été de 10,96 *l* en moyenne avec un maximum de 11,2 *l* et un minimum de 10,5 *l*.

On peut admettre que, sans qu'il y ait eu négligence notoire de l'ouvrier, la bouteille la plus petite, celle de 10 1/2 *l*, ait été chargée à 8,600 *kg* d'acide et cela correspond bien à ce qui était réellement possible.

Reportons les chiffres ci-dessus au diagramme de M. Amagat; nous voyons que 8,600 *kg* contenus dans 10,5 *l* donnent 819 *g* d'acide par litre, tandis que la circulaire ministérielle prescrit de ne pas dépasser 746 *g*.

On peut admettre encore que l'ouvrier, distrait un moment, et non contrôlé, a laissé couler l'acide jusqu'à ce que la pression dans la bouteille ait atteint la pression maxima que peuvent donner facilement les pompes, c'est-à-dire 90 *atm*. Cela est très facilement obtenu, car il suffit que l'ouvrier n'ait pas regardé constamment le fléau de la balance, ou bien qu'il ait oublié, par exemple, de mettre sur la bascule le chapeau de la bouteille. Dans l'un et l'autre cas, la bouteille se trouve précisément remplie à la pression maxima.

Pour avoir le poids d'acide contenu dans ces conditions, il faut connaître la température qui était, nous le verrons tout à l'heure, de + 2° environ. A cette température et à 90 *atm*, le diagramme de M. Amagat indique que le contenu par litre est de 960 *g*.

3° *Variation de la température.* — Les bouteilles ont été remplies du 26 au 28 novembre, et la bouteille A l'a été probablement le 26. Or, on relève dans le bulletin météorologique un brusque abaissement de température dans la nuit du 25 au 26 novembre. Le samedi 24 et le dimanche 25, la moyenne était supérieure

à + 6°, et dans la nuit, la température descend en dessous de 0°, la moyenne du lundi 26 novembre est de + 1°,3. En admettant + 2° pour celle de l'usine on doit être dans la vérité.

La détermination de la température au moment de la rupture de la bouteille est plus aléatoire. L'explosion a eu lieu à 1 heure, le 28 décembre. A 10 heures du matin, un grand réchaud à cloche en fonte avait été allumé, et ce réchaud était à 1,90 *m* de distance de la bouteille A occupant la deuxième rangée, pouvant recevoir, par conséquent, à travers les vides que présentent les bouteilles de la première rangée, les rayons de chaleur du réchaud. Il semble exact d'admettre 15° pour la température de la bouteille. Nous donnerons d'ailleurs les pressions calculées pour les trois températures 10, 15 et 20° pour pouvoir se rendre compte de l'influence de cet élément important.

Le tableau suivant donne les pressions intérieures produites par l'acide aux trois températures ci-dessus pour le remplissage d'une bouteille de 10,5 *l* de capacité fait à + 2° dans les quatre cas suivants :

1° Contenance par litre prescrite par la circulaire ministérielle (0,746 *kg*) ;

2° Contenance par litre avec 8 *kg* d'acide (0,778 *kg*) ;

3° Contenance par litre, en supposant la charge 8,600 *kg* possible d'après la déclaration de l'ouvrier, tenue d'ailleurs pour bonne par le directeur (0,819 *kg*) ;

4° Contenance par litre reçue par la bouteille si, à la température de + 2° l'ouvrier a maintenu la communication avec les pompes jusqu'à la pression de 90 *atm* (0,960 *kg*).

CONTENANCE PAR LITRE	POIDS TOTAL DE L'ACIDE	PRESSIONS INTÉRIEURES PRODUITES PAR L'ACIDE CARBONIQUE AUX TEMPÉRATURES DE		
		10 degrés	15 degrés	20 degrés
0,746	7,833 *kg*	45 *atm*	50 *atm*	57 *atm*
0,778	8,000	45	50	60
0,819	8,600	45	51	76
0,960	10,080	160	200	245
En faisant le calcul pour le maximum de 120 *atm* donné par les pompes, on trouve :				
0,978	»	198	234	285

Il résulte de ce qui précède que la bouteille A a pu et a dû se trouver dans les conditions ci-dessus, exposée à une pression intérieure de 160 à 245 *atm*, pression qui a pu s'élever jusqu'à 285 *atm*. Elle a donc dépassé celle de 202 *atm* que nous avons calculée plus haut être une limite ne devant pas être dépassée pour avoir la sécurité.

Cependant ces pressions sont inférieures, sauf une, à la pression d'épreuve de 250 *atm* que prescrit la circulaire et que la bouteille a supportée en 1889, sous le contrôle du fonctionnaire allemand.

On peut se demander si cette pression excessive de 250 *atm* n'a pas été nuisible à la conservation de la bouteille qu'elle prétendait assurer. Le calcul indique que pour les bouteilles ayant une épaisseur uniforme de 10 *mm*, le travail du fer, pendant l'épreuve, est de 14,85 *kg*, et comme nous avons constaté que l'épaisseur était réduite à 9 *mm*, et même peut-être davantage à la génératrice de rupture, le travail dumétal a été, sur cette génératrice, de 16,45 *kg* au moins au moment de l'épreuve.

Il est à peu près certain, étant données les imperfections que présentent toujours, plus ou moins, les produits industriels, à des degrés plus ou moins grands, que le métal de la bouteille a travaillé pendant l'épreuve au delà de sa limite d'élasticité, et que, par suite, il s'est produit à ce moment-là une déformation permanente qui a fatigué le métal et qui l'a rendu impropre à supporter de nouveau ladite charge d'épreuve de 250 *atm*.

Il est donc parfaitement admissible que cette bouteille n'a pas été en état de supporter la pression de 200 *atm* correspondant à la pression d'emplissage de 90 *atm* et à 15° de température et ce, dans l'hypothèse même que le métal était sain dans la section rompue, ce qui n'est pas, ainsi que nous l'avons constaté. Par conséquent, la rupture pouvait même se produire à une pression n'atteignant pas 200 *atm*, et nous avons la conviction que cette pression pouvait être atteinte avec cette double condition : 1° que la bouteille avait été entièrement remplie à la pression donnée par les pompes; 2° que, par le voisinage du réchaud, la température avait été portée à 12°, 15° ou 18°.

Pour expliquer pourquoi la bouteille avait pu être entièrement remplie, nous avons supposé plus haut un concours de circonstances défavorables, mais on pourrait faire abstraction de toutes ces circonstances, à l'exception d'une seule, et arriver encore à un remplissage complet.

En effet, prenons une bouteille de contenance normale et sup-

posons que l'ouvrier ait regardé attentivement le fléau de sa bascule et ait arrêté le remplissage au moment même où ce fléau s'est levé. Admettons seulement que l'ouvrier ait oublié de placer par mégarde sur la bascule le chapeau de la bouteille qui avait dû être nécessairement dévissé pour pouvoir visser le raccord nu sur le robinet. Dans ce cas, le remplissage se faisait entièrement à la pression de 90 *atm*, puisque le chapeau pèse plus de 2 *kg*, et que, avec cet excès de poids d'acide, presque toutes les bouteilles seront entièrement remplies.

L'explosion de la bouteille, par excès de pression, s'explique donc très nettement. Telle est la cause de l'accident.

Précautions à prendre dans l'avenir.

Jusqu'ici on a cherché surtout à se garantir d'accidents possibles dans le transport, notamment en imposant, comme en Allemagne, une épreuve officielle renouvelable tous les trois ans et constatant que les bouteilles supportent, sans fuite et sans déformation permanente, une pression de 250 *kg* par centimètre carré (242 *atm*).

On a bien signalé l'importance de limiter la charge par rapport au volume, mais en fait, rien n'a été édicté ni exigé pour atteindre ce but, et les fabricants ne s'en sont pas suffisamment préoccupés.

Or, il résulte de l'accident qui nous occupe que la cause dominante réside dans un trop grand emplissage.

Il importe, au plus haut degré, que le nécessaire soit fait dans l'avenir, pour que le poids d'acide par litre de capacité ne dépasse pas celui qui a été déterminé par les autorités compétentes, et qui pourra subir les corrections que la meilleure connaissance des propriétés du corps indiquera.

L'importance de la question du degré d'emplissage a été exprimée devant la Commission centrale des machines à vapeur, par M. Amagat et par M. Richard, notre collègue, dans la séance du 12 avril 1892; et dans une note que M. Amagat lui a envoyée le 22 avril, il conclut qu'une réglementation ne saurait être efficace qu'à la condition qu'on puisse facilement contrôler la charge des cylindres.

Il est utile aussi, suivant nous, de réduire la charge d'épreuve des récipients, parce que l'épreuve actuelle peut avoir pour effet

de diminuer, dans certains récipients, la solidité qu'elle a pour objet de constater.

Nous pensons que la charge d'épreuve ne doit pas dépasser le double de la pression de 80 à 85 *atm* qui est utile pour charger les bouteilles en été. Mais pour ne pas diminuer les garanties de solidité que donnent les règlements allemands imités en France *(250 atm sans déformation permanente)*, nous croyons utile d'ajouter, et d'imposer qu'au moment de la charge d'épreuve, le métal ne devra travailler qu'à un coefficient égal aux 7/10 du coefficient correspondant à la limite d'élasticité.

Les garanties ne seront pas diminuées, mais on aura supprimé les inconvénients qui s'attachent aujourd'hui à l'épreuve de 250 *atm* (Allemagne) ou 250 *kg* (France).

En ce qui concerne le métal composant les récipients d'CO^2 liquide, il nous paraît désirable de donner la préférence à l'acier doux, sans soudure, parce que toute soudure en fer, dans des récipients de cette nature, est inévitablement imparfaite.

Qu'il nous soit donc permis d'exprimer les vœux suivants :

1° Le poinçonnage de la bouteille devrait indiquer le poids à vide et le poids maximum d'acide, celui-ci étant déduit du volume réel de la bouteille;

2° Le pesage de l'acide au remplissage serait fait par la méthode de la double pesée. Cette précaution devient bien utile pour éliminer la cause d'erreur provenant de l'attache du tuyau amenant l'acide.

Chaque bouteille raccordée au réservoir d'acide serait d'abord tarée, en posant sur elle un poids égal ou inférieur au poids maximum poinçonné sur la bouteille; on enlèverait ce poids et l'équilibre de la balance serait rétabli par la charge de CO^2; ainsi on serait certain que cette charge ne dépasse pas celle du poids maximum. Il faudra veiller à ce que la bouteille soit bien vidée et nettoyée avant le remplissage.

Le contrôle serait possible à chaque instant, puisque la bouteille indiquerait, par l'addition des deux points poinçonnés, quel doit être le poids total ne devant pas être dépassé.

L'erreur consistant à mettre ou à ne pas mettre le chapeau avec la bouteille serait éliminée par la double pesée.

3° La charge d'épreuve ne dépasserait pas 175 *kg* par centimètre carré, et sous la charge d'épreuve inscrite dans le règlement à intervenir, le coefficient de travail du métal ne dépasserait pas

les 7/10 du coefficient correspondant à la limite d'élasticité généralement admise par la nature de ce métal, qui devrait être de l'acier doux de préférence à tout autre.

Le calcul du coefficient de travail réduit aux 7/10 pourrait être supprimé si, à l'épreuve, il était fait emploi d'un appareil pratique qui indiquerait efficacement qu'aucune déformation permanente ne s'est produite.

4° Il importe de veiller à ce que les récipients ne soient exposés ni aux rayons du soleil, ni à la chaleur du feu.

L'accident qui a fait l'objet du présent mémoire montre que, contrairement à ce qui a été dit par quelques physiciens éminents, la rupture d'une bouteille d'acide carbonique liquide peut amener la projection au loin de ladite bouteille, en produisant des effets dynamiques de quelque importance.

L'emploi des récipients contenant cet acide liquide présenterait donc des dangers sérieux pour la sécurité publique, si on ne prenait pas les précautions utiles.

Il appartient aux industriels, fabricants ou consommateurs d'acide carbonique liquide, de prendre toutes les précautions pour supprimer à l'avenir toute explosion grave. Ainsi ils rendront inutile une réglementation plus étendue et plus sévère, qui serait pour eux une entrave et une source de dépenses.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. J.-L.-A. NOBLOT

ANCIEN VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

M. Jean-Louis-Adolphe Noblot, naquit à Héricourt (Haute-Saône) le 29 août 1816.

Après une première éducation dans les écoles primaires d'Héricourt, il fut envoyé très jeune (treize à quatorze ans) au Gymnase de Stuttgard, où il fit de bonnes études, et se fit aimer et apprécier de tous ceux qui l'approchaient. Il se prépara ensuite à l'École Centrale, où il fut admis en 1832. Sorti dans les premiers rangs en 1834, avec le diplôme d'Ingénieur civil, il s'apprêtait, sur les conseils de J.-B. Dumas, son maître et ami, à concourir pour l'École Polytechnique; une maladie grave de son frère aîné le fit revenir à Héricourt, où il devint le bras droit de son père et de son oncle, les fondateurs de la maison Méquillet-Noblot et C^ie^.

Successivement Conseiller d'arrondissement, puis Conseiller général, et vice-président du Conseil général jusqu'en 1889, il a tenu une place éminente dans cette assemblée : homme de travail et consciencieux avant tout, très au courant des intérêts de sa région, et très dévoué au bien général, il a fait des rapports sur un grand nombre de questions; sans mêler la politique à l'administration, il a su affirmer, dès le premier jour, ses convictions républicaines, aussi fermes que sages.

En janvier 1882, la confiance de ses concitoyens le fit entrer au Sénat; il y garda ce mandat pendant neuf ans, à l'expiration desquels il refusa de se représenter aux suffrages des électeurs.

En 1889, président de groupe à l'Exposition universelle, il y déploya une activité dévorante, qui, hélas, le fatigua outre mesure.

Il a été vice-président du Synode constituant de l'église de la Confession d'Augsbourg réuni en 1872; puis président de la Commission synodale, élue par cette assemblée, et a puissamment collaboré, en cette qualité, à la réorganisation de cette église, si éprouvée par la perte de l'Alsace.

Membre de la Société des Ingénieurs civils de France depuis 1876, il en devint Vice-Président en 1887.

Une chute malheureuse, occasionnée par une voiture, en 1889, et les fatigues de l'Exposition universelle ayant gravement altéré

sa santé, il est rentré dans la vie privée, en 1891. Là encore, il n'a cessé de travailler et de se rendre utile dans toute l'étendue de ses forces morales et physiques. On peut dire qu'il est mort sur le champ de bataille, entouré de l'estime et de l'affection de tous ceux qui eurent le bonheur de le connaître, le vendredi 12 juillet 1895.

PAROLES

PRONONCÉES AUX

OBSÈQUES DE M. J.-L.-A. NOBLOT

ANCIEN VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Par M. A. DE DAX

MESSIEURS,

Absent de Paris lorsque nous est parvenue la triste nouvelle du deuil qui nous réunit, notre Président, M. Léon Appert, n'a pu se rendre aujourd'hui à Héricourt. C'est donc en son nom, et au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, que je viens apporter, à celui qui n'est plus, un dernier témoignage de notre estime et de nos regrets.

D'autres voix plus autorisées que la mienne ont retracé la carrière si belle et si bien remplie de Noblot, sa charité inépuisable, sa bienveillance et sa bonté.

Qu'il me soit seulement permis de rappeler que, sorti de l'École Centrale en 1835, contemporain des Évrard, Petiet, Callon, Laurens, Mathias, Alcan, Vuillemin, Loustau, et tant d'autres, Noblot appartenait à cette pléiade d'Ingénieurs qui furent en quelque sorte les fondateurs de notre profession.

Portant le plus grand attachement à l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale, il en fit partie dès la première heure, et longtemps membre du Comité, fonctions auxquelles il apporta le plus grand dévouement; il en devint Président en 1885.

Peu après, la Société des Ingénieurs Civils de France, dont il était membre depuis 1876, le nomma Vice-Président.

Tous, nous avons conservé le souvenir de son affabilité et de la haute compétence avec laquelle il sut remplir la délicate mission qui lui était confiée.

C'est en témoignage de ce souvenir, qu'au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, je dis ici un dernier adieu à celui que nous estimions et que nous regrettons.

CHRONIQUE

N° 187.

Sommaire. — Emploi des moteurs à gaz et à pétrole pour les élévations d'eau. — Forme de moindre résistance. — La navigation transatlantique. — Une explosion de chaudières.

Emploi des moteurs à gaz et à pétrole pour les élévations d'eau. — M. M. Munzel a fait, au groupe de Cologne de l'Association des Ingénieurs allemands, une importante communication sur l'emploi des moteurs à gaz et à pétrole pour les élévations d'eau.

Nous allons résumer ce travail qui présente un grand intérêt, en faisant toutefois quelques réserves relativement à certaines assertions de l'auteur qui peuvent soulever des objections.

Il y a quelques années, lorsqu'on ne disposait pas de forces hydrauliques naturelles, la machine à vapeur était le seul moteur employé pour les élévations d'eau. Aujourd'hui, l'ingénieur n'est plus aussi limité et le moteur à gaz ou à pétrole lui fournit une nouvelle ressource. Le taux de la puissance n'est pas une objection, puisqu'on fait actuellement des moteurs de ce genre de 200 *ch* et plus. L'emploi du pétrole a permis un grand développement de ces moteurs, en les rendant indépendants de l'existence d'usines à gaz.

D'autre part, l'absence de chaudières et de cheminées réduit considérablement l'espace occupé par le moteur, ce qui est dans certains cas un avantage sérieux par rapport à la machine à vapeur. Il n'y a aucune infériorité au point de vue de la sécurité de fonctionnement et de la durée par rapport à celle-ci. La fabrique de moteurs à gaz de Deutz a fourni beaucoup de machines jusqu'à 60 *ch* de force qui ont plus de dix ans de service, quelquefois avec marche continue et qui n'ont exigé pendant cette période que des réparations insignifiantes. Ce fait indique que l'entretien et la dépréciation de ces machines ne sont pas plus considérables que pour les machines à vapeur, tandis qu'à force égale l'intérêt du coût d'établissement est moindre.

Comme surveillance, le moteur à gaz a l'avantage : un seul homme peut conduire plusieurs appareils s'ils sont dans le même local ; une installation à vapeur d'une certaine importance nécessite un mécanicien et un chauffeur, quelquefois même en plus un homme pour apporter le charbon,

Un autre avantage du moteur à gaz est l'instantanéité de sa mise en marche. Une puissante élévation d'eau peut être mise en activité en quelques minutes, ce qui présente un grand intérêt en cas d'un incendie et d'une demande d'eau pressante. On peut également réduire les dimensions des réservoirs, puisque les moteurs peuvent être toujours en marche.

D'un autre côté, l'emploi du gaz à l'élévation d'eau se combine avan-

tageusement avec la production de gaz en ce qu'on peut faire le travail courant dans la journée où la consommation de gaz est nulle et le suspendre pendant les heures d'éclairage.

La ville de Duren a adopté dès 1884, l'emploi de moteurs à gaz pour sa nouvelle élévation d'eau, c'est la première application qui en ait été faite, au moins en Allemagne. Cette innovation ne resta pas isolée et, la même année, la ville de Quedlinburg remplaça une machine à vapeur par un moteur à gaz pour la même application. En 1886, Rottwill et Coblentz firent de même. Furth et Peine suivirent en 1887 et Carlsruhe et Munster en 1888; cette dernière employa des gazogènes, par suite de difficultés dans l'obtention du gaz d'éclairage. Ces installations fonctionnent aujourd'hui depuis un temps prolongé, de 6 à 9 ans avec des résultats très satisfaisants. Celles de Quedlinburg, Furth, Coblentz et Carlsruhe sont du même type que celle de Duren; les moteurs sont reliés aux pompes par des transmissions à engrenages et des embrayages à friction. Dans la première de ces installations les moteurs sont mis en marche à bras. D'après le rapport de la Société du gaz et des eaux de Quedlinburg pour l'exercice 1885-86, l'élévation de 1 000 m^3 d'eau coûtait, de combustible, 24 *f* avec la vapeur et 13 *f* avec le gaz.

L'installation de Carlsruhe présente un exemple intéressant de l'association de la machine à vapeur et du moteur à gaz. La première est ancienne et le nouveau lui a été adjoint dans des conditions telles que toutes les machines sont dans la même salle sous la surveillance d'un même mécanicien. L'addition de deux pompes n'a pas entraîné d'augmentation du personnel et n'a nécessité qu'un faible surplus d'emplacement. La position du niveau de l'eau et le peu de place dont on disposait ont conduit à l'emploi de pompes verticales placées bas. Ces pompes donnent 210 m^3 chacune par heure élevés à une hauteur de 16 *m*. Les deux machines de 50 *ch* font 140 tours par minute et les manivelles des pompes 38. Les pistons de celles-ci ont 0,34 *m* de diamètre et 0,80 *m* de course. Du réservoir d'air commun aux deux pompes part un tuyau de 0,50 *m* de diamètre qui se raccorde à la fois à la conduite de refoulement des pompes à vapeur et avec la conduite de 0,60 *m* qui aboutit au château d'eau. Une conduite de 0,45 *m* de diamètre s'embranche sur le premier entre le réservoir d'air et le raccordement des deux conduites, de sorte que les pompes mues par les moteurs à gaz peuvent à volonté refouler directement dans le réseau de distribution de la ville.

Dans ces premières installations, la transmission entre les moteurs et les pompes s'effectuait par engrenages et, bien que cette disposition ait donné de bons résultats, on a cherché à la modifier dans les nouvelles installations, surtout pour supprimer le bruit produit par les engrenages. Ceux-ci avaient pour objet de racheter la différence des nombres de tours des moteurs et des pompes. On a perfectionné la construction des pompes en leur faisant donner sans inconvénient un plus grand nombre de tours, allant de 60 à 80 tours par minute, sans qu'il en résulte de chocs ni de bruit. On assure la régularité du refoulement par divers moyens dont un des meilleurs consiste dans l'emploi de trois pompes à simple effet, comme le pratique la fabrique des moteurs à gaz de Deutz.

Les élévations d'eau de Leer et de Treuen peuvent être données comme

exemple de petites installations fonctionnant par courroies. Il y a deux pompes à simple effet à plongeurs actionnés par des manivelles calées à 180° l'une de l'autre, ce qui équivaut à l'usage d'une pompe à double effet, mais donne une plus grande facilité pour la visite des clapets et plus de stabilité pour l'ensemble de l'appareil. Une glissière venue de fonte avec le plongeur se meut dans un guide formant le prolongement du cylindre de la pompe.

L'arbre porte entre les deux paliers une poulie folle et une poulie fixe, cette dernière servant aussi de volant. La transmission par courroies donne surtout, comparativement aux engrenages, de bons résultats lorsque les pompes sont placées plus bas que les moteurs; on peut alors employer des pompes horizontales et éviter les inconvénients résultant du poids des pièces mobiles.

Chaque moteur est de la force de 10 *ch*, mais pourra donner plus si on réalise le projet de porter l'eau jusqu'à Gruden à 24 *km* de distance. Les plongeurs ont 0,13 *m* de diamètre et 0,30 *m* de course; à 72 tours par minute, chaque paire de pompes refoule 27 m^3 à l'heure à 60 *m* de hauteur. Il n'y a pour toute l'installation qu'un réservoir d'air de refoulement et un puisard d'aspiration; de ce dernier part un tuyau de 0,17 *m* et sur le réservoir d'air est branchée une conduite qui aboutit au château d'eau monté sur quatre colonnes creuses dans l'intérieur desquelles passent les tuyaux de distribution. La salle des machines occupe 10 *m* sur 7,50 *m* et l'installation complète 20,10 *m*.

A Treuen, les moteurs et les pompes sont au même niveau. Il y a deux appareils complets et indépendants comportant chacun un moteur de 12 *ch* et une pompe double pouvant donner à l'heure 23 m^3 à 86 *m* de hauteur. Les plongeurs des pompes ont un diamètre de 0,115 *m* et une course de 0,30 *m*. Les tuyaux d'aspiration et de refoulement ont 0,15 *m* de diamètre. Les pompes ont des clapets annulaires en bronze pressés par des ressorts et reposant sur des sièges en fonte; elles fonctionnent sans bruit ni chocs même à des vitesses considérables grâce à la bonne disposition des réservoirs d'air de refoulement et d'aspiration. Les moteurs à gaz ont l'allumage opéré par des tubes à incandescence et font 180 tours par minute. La mise en marche se fait très facilement à bras par le moyen des poulies folles sur lesquelles la courroie est mise d'abord, puis repassée sur la poulie fixe dès que le moteur est en marche.

Les pompes triples donnent, en pratique, les avantages qu'elles présentent en théorie. Leur marche très uniforme, avec 20 0/0 au plus de variation pendant la durée d'un tour, dispense de l'emploi de volants spéciaux. Ce système de pompe a d'abord été installé à Göttingen en 1892 et son succès en a fait adopter l'emploi par la fabrique de Deutz pour de grandes installations.

La station élévatoire de Göttingen a été montée pour compléter une distribution d'eau par adduction. Les pompes prennent l'eau dans un puits situé à 80 *m* de la station et la refoulent dans un réservoir à 3 *km* et 45 *m* de différence de niveau. On a installé d'abord un moteur de 10 *ch* et une pompe à triple effet donnant 30 m^3 à l'heure; on avait construit le bâtiment pour recevoir plus tard un second appareil qui a été monté un an après. Celui-ci est constitué par un moteur de 12 *ch* et

une pompe donnant 55 m^3 à l'heure. La petite pompe a un tuyau d'aspiration de 0,10 *m* et la grande de 0,15 *m*. Les plongeurs ont 0,10 *m* pour le premier et 0,14 pour le second; la course est la même, 0,30 *m* pour les deux, le nombre de tours est de 75 et celui des moteurs de 180 par minute. Il n'y a qu'une aspiration et un réservoir de refoulement pour les deux appareils avec un tuyau de refoulement de 0,20 *m* de diamètre. La chambre des machines mesure 11 *m* sur 8 *m*.

A Constance, il y a un moteur à un seul cylindre de 23 *ch* faisant 160 tours; les pompes ont des plongeurs de 0,22 *m* de diamètre et 0,30 *m* de course faisant 75 tours par minute; on élève par heure 145 m^3 à 25 *m* de hauteur.

L'installation de Wolfenbuttel, qui a été inaugurée en novembre 1894, a une transmission disposée de façon que chaque pompe puisse être actionnée par l'un ou l'autre des moteurs. Les appareils mécaniques sont placés à la base et à l'intérieur d'une tour en maçonnerie de 12 *m* de diamètre portant un réservoir en tôle construit d'après la méthode du professeur Intze (1). Il y a deux pompes à triple effet dont chacune élève par heure environ 100 m^3 à 45 *m* de hauteur. Les plongeurs de ces pompes ont 0,185 *m* de diamètre et 0,30 de course, le nombre de tours par minute est de 75. Les moteurs de 25 *ch* font 170 tours et actionnent un arbre intermédiaire tournant à 125 tours. Les arbres des pompes et les arbres intermédiaires portent des poulies fixes et des poulies folles. La mise en marche est faite par un seul homme tournant au volant lorsque les courroies sont sur les poulies folles. Si on a besoin de se servir des deux moteurs, le second est mis en marche par le premier au moyen de l'arbre intermédiaire. Cette disposition d'arbre sert aussi, comme on l'a indiqué plus haut, à faire fonctionner chacune des pompes par l'un ou l'autre des moteurs.

Dans toutes les installations dont il vient d'être question jusqu'ici, on emploie exclusivement le gaz d'éclairage. Pour celles dans lesquelles on substitue à ce gaz le gaz des gazogènes, la gazoline ou le pétrole, les dispositions mécaniques sont les mêmes ainsi que les pompes. Pour le choix entre les trois derniers agents, les facteurs les plus importants sont les dimensions de l'installation projetée et la facilité de se procurer la matière combustible. En principe, le pétrole et la gazoline conviennent mieux pour les petites forces jusqu'à 12 *ch*; au delà les gazogènes deviennent avantageux. On y emploie le coke ou l'anthracite; les installations de Munster et de Bâle peuvent être prises pour type de ce système. On l'a adopté à Munster parce que la station élévatoire était à une très grande distance de l'usine à gaz et à Bâle à cause du prix exceptionnellement bas du coke dans la localité.

La station de Munster a été établie en 1888 et contenait, à l'origine, un moteur de 30 *ch* auquel on a adjoint un second moteur de même force en 1890. Le gaz est produit par un matériel comprenant deux gazogènes et deux chaudières dont la moitié sert comme réserve, plus les épurateurs et gazomètres nécessaires. Ce matériel est disposé dans un local bien ventilé contigu à la salle des machines, de sorte que l'en-

(1) Dans ce système, le fond du réservoir est formé par deux parties sphériques, l'une au centre, l'autre annulaire à la périphérie, raccordées ensemble par une partie conique.

semble peut être facilement surveillé par un seul homme. Le puisard estplacé dans la salle des machines et, comme il est très profond, on a dû y placer la pompe, qui est à double effet avec piston différentiel. Le moteur fait 140 tours par minute et l'arbre de la pompe 30. L'installation complète, avec le matériel pour la production du gaz et un hangar pour le combustible, occupe un espace de 20 × 15 *m*.

A Bâle, on installe actuellement les moteurs à gaz à côté et en supplément des anciennes machines à vapeur. On a ajouté à la station élévatoire deux pièces, l'une pour les moteurs, l'autre pour les gazogènes et un gazomètre a été construit à côté. Le nouveau matériel comprendra deux jeux de pompes indépendants, dont chacun peut élever par heure 350 m^3 à 92 *m* de hauteur; jusqu'à présent on n'en a installé qu'un.

Le moteur est à deux cylindres et peut donner 210 *ch* avec le gaz d'éclairage et 170 avec le gaz de gazogènes. Les pompes sont du modèle employé à Meissen et à Göttingen, avec trois corps de pompe dont les pistons sont actionnés par des manivelles calées à 120°. Les clapets sont formés de cinq anneaux pressés par des ressorts et n'ont que 10 *mm* de levée. Le réservoir d'air est en tôle et a un grand volume. Les plongeurs ont 0,26 *m* de diamètre et 0,70 de course. L'arbre des pompes fait 60 tours par minute et celui du moteur 140; la transmission se fait entre les deux par dix cordes en coton de 50 *mm* de diamètre.

Cette installation est la plus grande qui ait été faite jusqu'ici par la fabrique de moteurs de Deutz, et la première où on ait supprimé les embrayages à friction qu'en employait pour la mise en marche du moteur. A Bâle, on emploie pour cette opération un petit moteur à pression d'eau de 8 *ch*, lequel est assez puissant pour lancer le grand moteur à une vitesse de 20 tours par minute, à la condition qu'on établisse une communication entre les clapets des pompes. Lorsque le moteur arrive à cette vitesse, l'allumage devient régulier, et la vitesse s'accroit jusqu'au taux normal où l'action du moteur auxiliaire s'arrête automatiquement. On ferme alors la communication entre les clapets et les pompes fonctionnent.

On a établi un raccord entre le gazomètre et la canalisation de la Ville, pour pouvoir marcher, au besoin, sans attendre la mise en action du gazomètre et de la chaudière, ce qui demande une heure ou deux.

Les moteurs à gazoline sont aussi faciles à conduire que ceux qui emploient le gaz d'éclairage. Quelques tours de volant suffisent à la mise en marche. Le type construit à Deutz a un allumage électrique et la gazoline arrive au cylindre sous forme de vapeur et non à l'état liquide. Des machines où on se sert de pétrole ne peuvent pas être mises en route aussi facilement qu'avec la gazoline; il est nécessaire de chauffer préalablement le fond arrière du cylindre pendant quelque temps pour que le liquide se vaporise au contact du métal chaud et soit apte à former un mélange explosif. Lorsqu'il s'agit d'une élévation d'eau domestique ou de très faible importance, le moteur et la pompe peuvent faire corps. Les plongeurs sont actionnés directement par le moteur en donnant jusqu'à 250 coups doubles par minute. Les clapets sont munis de ressorts et les réservoirs d'air sont disposés de telle sorte que cette vitesse consi-

dérable peut être obtenue sans bruit ni chocs. Dans certaines petites installations de ce genre, on élève l'eau à 70 *m* de hauteur.

Pour celles de plus grande importance, la disposition ne diffère pas sensiblement de celle qui a été indiquée pour les moteurs à gaz. A Rothenburg, qui a une population de 7 000 habitants, les pompes sont horizontales, placées un peu au-dessous du sol de l'usine et actionnées par courroies. Les moteurs sont à un seul cylindre pouvant donner 180 chevaux mesurés au frein. Chacun a son alimentateur séparé et placé dans une annexe du bâtiment principal. Les pompes sont du type employé à Treuen et chacune peut élever par heure 22 m^3 à une hauteur de 90 *m*. Les plongeurs ont 0,112 de diamètre et 0,30 *m* de course.

A Hohenstein où la station est loin de la ville, 4 *km*, on emploie le pétrole à cause de la facilité du transport. On a fait l'installation comme addition à une distribution par adduction naturelle devenue insuffisante. On élève environ 25 m^3 à l'heure à 51 *m* de hauteur.

On peut varier le débit en changeant la course des pistons des pompes, ce qui se fait en déplaçant les boutons de manivelles dans des coulisses disposées à cet effet dans celles-ci. Le moteur peut donner 6 à 8 *ch* à 200 tours et actionne une pompe à deux corps dont les plongeurs ont 0,125 *m* de diamètre et 0,30 de course maxima.

A Nierstein, 3500 habitants, et à Obercassel, 2000, on a fait des installations encore plus petites et, à cause de la profondeur des puisards, on a dû établir des pompes placées bas avec de longues tiges et supprimer les transmissions par engrenages. Il y a deux pompes à simple effet avec des clapets en caoutchouc durci chargés par des ressorts. Le moteur est de 4 *ch* et on élève par heure 15 m^3 à 42 *m* de hauteur. A Obercassel, une pompe à trois corps mue par un moteur de 8 *ch* élève par heure 25 m^3 à 70 *m* de hauteur.

L'administration bavaroise des eaux a étudié une installation faite à Markt Presseck, localité de 1100 habitants dans la Haute-Franconie. L'eau devait être élevée à 120 *m*, mais en petite quantité, seulement 8000 *l* à l'heure. Le matériel se compose d'un moteur à gazoline de 6 *ch* actionnant par courroie une pompe à piston différentiel dont les diamètres sont 0,10 et 0,07 *m* et la course 0,30 *m*. La partie de l'arbre de la pompe forme volant et la marche est suffisamment régulière.

De même que, pour la comparaison entre le rendement des installations avec machines à vapeur, on prend le nombre de kilogrammètres en eau montée obtenu par kilogramme de combustible, de même, pour les installations avec moteurs à gaz, on prendra le même nombre rapporté au mètre cube de gaz.

Il faudrait tenir compte de la différence entre les pouvoirs calorifiques des divers gaz d'éclairage, mais cette différence est probablement moindre que celle qui existe entre les différentes sortes de charbons et, somme toute, la comparaison donne pour les moteurs à gaz des renseignements plus précis que ceux qu'on peut obtenir avec les machines à vapeur. Voici un tableau où sont résumés les résultats obtenus avec quelques-unes des installations dont il a été question ci-dessus.

Ces installations sont rangées dans le tableau par ordre d'ancienneté et on peut apprécier les progrès obtenus dans le rendement. Les pre-

mières avaient d'ailleurs des moteurs trop puissants et dans les dernières on a employé des modes plus avantageux de transmission.

A Munster on a constaté une dépense en 10 heures de 85 *kg* de coke et 200 *kg* d'anthracite, ce qui donne un rendement de 227 800 *kgm* par kilogramme de combustible, ce qui fait environ 1,20 *kg* par cheval, en eau montée. Au même endroit, on brûle trois fois plus de coke sous la chaudière de la machine à vapeur pour obtenir le même travail.

NOMS DES VILLES	MOTEURS		NOMBRE DE CYLINDRES	RENDEMENT EN EAU MONTÉE par mètre cube de gaz
	NOMBRE	FORCE NOMINALE		
Duren	2	40	2	231 500
Quedlinburg	2	15	1	240 500
Coblentz	3	40	2	264 000
Furth	2	40	2	264 000
Carlsruhe	2	50	2	259 000
Kettwig	1	15	1	231 000
Einbeck	2	10	1	235 500
Bingen	2	12	1	255 000
Göttingen	1	10	1	257 000
Göttingen	1	12	1	257 000
Meissen	2	50	2	344 000
Constance	1	10	1	348 500

Les moteurs à gazoline de Rothenburg ont un rendement de 488 000 *kgm* par kilogramme de gazoline, et ceux de Hohenstein ont donné pour moyenne de 162 jours de marche 524 600 *kgm* par kilogramme de pétrole, soit une dépense de très peu supérieure à 1/2 *kg* par heure et par cheval en eau montée. Ces résultats sont très intéressants à rapprocher des énormes consommations constatées pour les pompes à vapeur de faible puissance dans les expériences de notre collègue M. de Borodine que nous avons rapportées dans les chroniques de mai et juin 1894.

Forme de moindre résistance. — La question de la forme de moindre résistance à donner à un solide qui se meut dans un fluide, air ou eau, a donné lieu à beaucoup de recherches théoriques et expérimentales. On a fait tout dernièrement, aux États-Unis, des essais basés sur une idée ingénieuse qui consiste à obtenir la forme cherchée par l'action même du fluide.

L'auteur de ces essais, M. Meety Moulton, de Newport News, en Virginie, a opéré d'abord sur des blocs de glace en forme de parallèlipipèdes. Sa première expérience a été faite le 10 mai dernier. Il a pris un bloc de glace à section carrée de 0,225 *m* de côté et de 0,61 *m* de longueur pesant environ 40 *kg* (1). Pour remorquer ce bloc dans l'eau, on lui avait

(1) Nous reproduisons ici les chiffres donnés par l'*American Engineering and Railroad Journal* dans lequel nous trouvons ces renseignements bien qu'il ne semble pas y avoir d'accord entre les dimensions et le poids du bloc de glace.

attaché une ficelle passée dans un trait de scie pratiqué dans la glace ; mais ce moyen ne réussit pas parce que la glace fondait plus rapidement à la place des traits de scie. On obtint un bon résultat en plaçant une cheville de bois dans un trou pratiqué dans la glace et en l'y scellant en faisant congeler de l'eau autour ; c'est à cette cheville qu'on fixait la ficelle de remorque. La température de l'eau était maintenue à 4,5 degrés centigrades ; celle de l'air était de 5 à 6.

On mesurait avec soin l'effort de traction sur la ficelle. Après 20 minutes de fonctionnement, l'effort qui était au début de 6 livres (2,72 *kg*) était descendu à 1 livre (0,453 *kg*) La forme était devenue analogue à celle de certains poissons, arrondie par devant et très effilée à l'arrière avec des lignes légèrement creuses et finissant en pointe aiguë (1). Le bloc retiré de l'eau ne pesait plus que 6,35 *kg* ; la section maxima était réduite à la moitié de la section primitive. Le bloc retiré et pesé rapidement était alors moulé avec du plâtre et avec le moule on obtenait des reproductions en plâtre sur lesquelles on traçait les lignes servant à définir la forme du solide.

Dans toutes les expériences on a obtenu les mêmes formes, au moins d'une manière générale : on a opéré sur des blocs de toutes dimensions entre 0,30 et 0,60 *m* de longueur et de section carrée, circulaire, triangulaire, etc. Une objection à l'emploi de la glace est que, comme elle contient des bulles d'air, la surface devient caverneuse par la fusion et que cet état modifie dans une certaine mesure la résistance de frottement des parois.

Pour l'air, on a opéré au moyen de prismes en cire suspendus dans un tuyau parcouru par un courant d'air chaud. On notait la température et la vitesse de l'air. A la fin de l'expérience on retirait le bloc de cire, on le laissait refroidir, on le pesait et on en relevait la forme. Les résultats ont été sensiblement les mêmes qu'avec la glace.

La navigation transatlantique. — Les progrès de la construction navale et surtout les dimensions de plus en plus grandes données aux coques et aux machines des paquebots transatlantiques ont amené dans le service de ceux-ci une régularité qui paraît extraordinaire au premier abord. Les rapports de l'administration des postes des États-Unis indiquent, en effet, une constance dans la durée moyenne des traversées de chaque navire qui est presque égale à celle du trajet des trains de chemins de fer et même plus grande si on tient compte de la durée des parcours.

Voici quelques chiffres rapportés par le *Scientific American*. Le *Campania*, de la ligne Cunard, a fait, en 1893, huit voyages dont la durée moyenne a été de 5 jours 20 h. 18 m. ; en 1894, il a fait dix voyages dont la durée moyenne a été de 5 jours 20 h. 17 m., soit une différence de une minute d'une année à l'autre, pour un parcours de 2 770 milles marines (5 130 *km*) effectué par tous les temps et toutes les saisons. Ce fait n'est pas isolé, comme on va voir.

(1) Cette forme présente beaucoup d'analogie avec la figure 29, page 272 du mémoire de M. Soreau sur la direction des ballons inséré dans le *Bulletin* de février 1893 de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Le *Teutonic*, de la White Star Line, a fait, en 1893, douze voyages dont la durée moyenne a été de 6 jours 4 h. et 8 m. En 1894, il a fait onze voyages de 6 jours 4 h. et 17 m., soit une différence de 9 minutes. Pour l'*Etruria*, la différence est un peu plus grande sans l'être encore beaucoup. En 1893, 6 jours, 6 h. 47 m.; en 1894, 6 jours 7 h. 28 m., soit 41 minutes, c'est moins de 1/2 0/0 de la durée de la traversée.

Le *Havel*, du North German Lloyd, a fait, en 1893, dix voyages avec une moyenne de 7 jours 7 h. 38 m. pour les 3 080 milles marins (5 703 *km*) entre les Aiguilles et Fire Island, en 1894, la moyenne de ses sept voyages a été de 7 jours 7 h. 24 m., soit une différence de 14 minutes. Le *Fürst Bismarck* de la ligne Hambourgeoise, a fait en 1893 neuf trajets de la même longueur que le précédent avec une moyenne de 7 jours 15 m., et en 1894 six voyages avec une moyenne de 7 jours 54 m. Le *Colombia* a fait en 1893 neuf voyages dont la durée moyenne a été de 6 jours 22 h. 12 m., et en 1894, six voyages de 6 jours 22 h. 8 m., différence, 4 minutes.

Le *New-York* (ancien *City of New-York)* de la ligne américaine, a fait en 1893 quatorze voyages à l'ouest, c'est-à-dire d'Europe en Amérique, avec une durée moyenne de 6 jours 21 h. 31 m., et en 1894 quinze voyages dans le même sens d'une durée moyenne de 6 jours 21 h. et 25 m., la distance étant de 2 770 milles. En 1893, le même paquebot a fait treize traversées d'Amérique en Europe avec une durée moyenne de 6 jours 20 h. 30 m., et en 1894, quinze traversées avec une moyenne de 6 jours 20 h. 24 m. Il a donc franchi cinquante-sept fois l'Atlantique dans toutes les saisons et par tous les temps, sans que la plus grande différence dépasse pour ainsi dire quelques minutes. Le vieux paquebot *City of Chester*, de la même ligne, bien moins rapide, a également une régularité de passages très remarquable, ses moyennes ont été, pour 1893, de 9 jours 15 h. 11 m., et, pour 1894, de 9 jours 15 h. et 28 m.; différence, 17 minutes, soit un peu plus de 1 0/00. Ce paquebot, construit en 1873, a donc plus de vingt ans de service.

Cette régularité, dont nous venons de donner des exemples frappants, peut paraître extraordinaire aux personnes étrangères à la construction navale; elle est la conséquence de principes parfaitement établis et corrélative avec la vitesse. Plus la vitesse d'un navire est grande, plus le sera la régularité de ses traversées. On trouve déjà formulé ce principe dès longtemps. J. Scott Russell l'expose de la manière la plus nette dans son ouvrage *On the nature, properties and applications of steam and on steam navigation*, publié en 1846. R. Murray disait en 1852 *(Rudimentary treatise on Marine Engines*, 2e édition, p. 164) : « La régularité des arrivées qui est de la plus grande importance pour les services de voyageurs, ne peut être obtenue que par l'emploi d'une proportion élevée de puissance par rapport au tonnage. On comprend, en effet, que si les forces qui contrarient l'avancement d'un navire, vent, vagues, courants, marées, égalent ou dépassent la puissance développée par les machines, le navire restera indéfiniment sans avancer tout en brûlant du charbon. Si, au contraire, la puissance des machines donne une différence positive, le navire avancera en vertu de cette différence. La meilleure proportion, pour le cas de paquebots, paraît être de 1 *ch* pour 2 1/2 *t* de

jauge. » Or, c'est précisément la proportion élevée de la puissance par rapport au tonnage qui donne la vitesse.

PAQUEBOTS	PROPULSEUR	DATES	DÉPLACEMENT	PUISSANCE INDIQUÉE	NOMBRE DE CHEVAUX INDIQUÉS PAR TONNEAU DE DÉPLACEMENT	VITESSE EN NŒUDS
Britannia	R	1840	2 050	700	0,35	8,5
Asia.	R	1850	3 620	1 500	0,42	11,0
Persia.	R	1856	5 360	3 600	0,66	13,0
Great-Eastern	R H	1858	28 300	10 000	0,35	14,0
Europe.	R	1864	4 980	3 000	0,60	11,5
Pereire.	H	1865	5 090	3 000	0,60	13,0
Gallia.	H	1879	7 500	5 000	0,66	15,5
Alaska.	H	1883	9 500	10 500	1,10	18,0
Umbria	H	1884	13 300	14 300	1,08	19,0
City-of-Paris.	H	1889	17 300	17 300	1,00	20,0
Teutonic.	H	1890	16 700	18 000	1,08	20,0
Campania	H	1893	18 000	30 000	1,66	21,0

Il y a aussi une considération, c'est l'influence de la grandeur absolue des navires qui peut se formuler comme suit : Pour un déplacement doublé et un port utile généralement triple, la puissance nécessaire pour la propulsion, à la même vitesse, n'est que un et demi (1).

C'est là qu'est tout le secret des merveilleux progrès réalisés depuis vingt-cinq ans dans la navigation transatlantique.

Pour mieux faire comprendre cet accroissement continu de la proportion de la puissance au tonnage, nous avons indiqué dans le tableau ci-joint les valeurs de ce rapport pour divers paquebots de différentes époques en remplaçant, pour rendre la comparaison plus précise, le tonnage par le déplacement, et la puissance nominale par la puissance développée sur les pistons mesurés à l'indicateur. Ramené à ces éléments, le chiffre de 1 *ch* nominal pour 2 1/2 *tx* de jauge, reviendrait à peu près à 0,4 à 0,5 de cheval indiqué pour un tonneau de déplacement, c'est en effet, la proportion des anciens paquebots à roues, il y a quarante à cinquante ans. Ce tableau indique très clairement, non seulement l'influence de la proportion élevée de la puissance, mais aussi celle des dimensions absolues; ainsi le *Great Eastern* a donné, avec une très faible proportion de machines, des vitesses supérieures à celles de navires relativement plus puissants, mais aussi beaucoup plus petits.

Pendant que nous sommes sur cette question de la navigation transatlantique, nous dirons quelques mots d'un point qui préoccupe vivement les constructeurs et les marins et auquel des catastrophes récentes,

(1) Société des Ingénieurs Civils, 1869, page 459.

celle du cuirassé anglais *Victoria* et celle du paquebot allemand *Elbe* a donné une nouvelle actualité. C'est la question des cloisons étanches ou plutôt celle des portes des cloisons étanches.

On sait que quand un navire coule par collision, c'est presque toujours parce qu'on n'a pas songé à fermer les portes des cloisons ou qu'on n'a pas pu les manœuvrer. Les autorités navales des États-Unis se sont préoccupées de cette question et l'ingénieur en chef Melville, dont nous avons eu occasion d'analyser (Chroniques de Janvier et Février 1894) un remarquable travail, a étudié des dispositions mécaniques actionnées par l'air comprimé ou par l'électricité et au moyen desquelles les portes des cloisons pourraient être fermées instantanément par une simple manœuvre de l'officier de quart sur la passerelle ou de l'homme de vigie à la moindre apparence de danger, en même temps qu'un sifflet ou une cloche avertit le personnel qui est en bas de se tenir sur ses gardes et de ne pas se laisser prendre sous les portes pendant leur descente. Ce dispositif serait sur le point d'être installé sur un des nouveaux navires de guerre américains, et son application sera suivie avec intérêt.

Le fonctionnement certain de mécanismes nécessairement assez compliqués, peut laisser quelques doutes et il paraît y avoir un moyen beaucoup plus simple et plus efficace, c'est la suppression radicale des portes des cloisons étanches. Cette suppression existe, d'après l'*Engineering*, sur plusieurs navires, dont deux qui ne sont pas des moins connus, le *Paris* et le *New-York* (ex *City of Paris* et *City of New-York*), qui construits il y a sept ans, n'ont jamais eu de portes à leurs cloisons. Le premier a, comme on le sait, éprouvé, il y a quelques années, une énorme avarie et a été partiellement envahi par la mer, mais il est resté à flot; peut-être l'absence complète de portes n'a-t-elle pas été étrangère à son salut. C'est un peu gênant, puisqu'il faut pour passer d'un compartiment à un autre monter jusqu'au pont supérieur, mais cette gêne est peu de chose par rapport à l'immense garantie de sécurité que donne une disposition de ce genre. Il serait à désirer de voir cette disposition se généraliser, si elle est réellement pratique, comme on peut le supposer d'après les exemples que nous venons de citer.

Une explosion de chaudières. — Une formidable explosion qui rappelle celle qui s'est produite il y a quelques années, à la Friedenshütte, en Silésie (Voir chronique de juin 1888, page 791), a eu lieu le 14 juin dernier aux forges de Redcar, près de Middlesbrough.

Cette usine, qui n'est pas ancienne, ayant été construite en 1872, contient quatre hauts fourneaux pouvant produire 9 000 *t* de fonte par mois, elle occupe environ 200 ouvriers. Le jour en question, vers 9 heures du soir au moment où se terminait la coulée, il s'est produit une explosion terrible qui a entièrement détruit les chaudières, tuant sur le coup 3 ouvriers, et en blessant 17, dont 7 sont morts depuis et les 10 autres sont dans un état très grave. Il y avait une batterie de 15 chaudières, chacune ayant 1,37 *m* de diamètre et 19,5 *m* de longueur qui fournissaient la vapeur aux machines soufflantes et aux monte-charges.

12 ont fait explosion, projetant des débris dont quelques-uns pesaient jusqu'à plusieurs tonnes à une distance qui a atteint 225 *m*.

Des trois chaudières qui n'ont pas fait explosion, une seule est restée en place; ces trois chaudières étaient neuves n'ayant que six semaines ou deux mois de service. Toutes les autres avaient été récemment l'objet d'un examen des inspecteurs d'une association de surveillance et trouvées en bon état. Ces générateurs étaient des chaudières cylindriques, chauffées extérieurement par les gaz des hauts fourneaux.

Les chaudières ont-elles fait explosion toutes à la fois, ou successivement? C'est une question à laquelle il est difficile de répondre jusqu'ici. Les ouvriers paraissent avoir été trop effrayés pour pouvoir donner des renseignements précis. D'autre part, un correspondant de l'*Engineer* qui lui envoie un récit de la catastrophe dit qu'étant environ à 1 *km* de l'usine il a entendu un bruit sourd et vu s'élever un nuage de vapeur, de fumée, de poussière et de débris. Un fait curieux est que des personnes habitant à moins de 1 *km* n'ont rien entendu et n'ont appris les faits que le lendemain matin. Quelques témoins disent qu'il y a eu une série rapide d'explosions.

Les dégâts matériels, en dehors des chaudières, n'ont pas été aussi grands qu'on pourrait le supposer. La cheminée, quoique portant les traces du choc des fragments de chaudières, est restée debout; le bâtiment des machines a été bombardé de débris, de briques, de verre cassé, etc.; les machines ont été couvertes de boue, mais rien n'a été brisé et, après nettoyage, elles pourront être remises en marche dès qu'on leur fournira de la vapeur. Le mécanicien a échappé comme par miracle; il se préparait à mettre en route les machines arrêtées pendant l'opération de la coulée et se trouvait, à cet effet, près de la roue du régulateur, dans l'angle du bâtiment et protégé par les murs contre la pluie de débris qui passaient par les fenêtres.

Le bâtiment où se trouvaient les machines d'alimentation a été à peu près démoli, et les machines enterrées sous les débris, mais elles n'ont pas souffert. Les hauts fourneaux n'ont eu que peu de dégâts, même le n° 1 qui est tout près des chaudières et où il y a eu le plus de victimes. Tous les hommes qui se trouvaient au pied occupés à la coulée, ont été tués ou blessés par les torrents d'eau chaude lancés par les chaudières. Les appareils à chauffer l'air de ce haut fourneau ont été endommagés et l'échelle en spirale attachée à la prise de gaz détruite, de sorte que toute communication s'est trouvée interrompue entre le haut du fourneau et le sol, les monte-charges ne pouvant plus fonctionner faute de vapeur.

Il n'y avait, au moment de l'explosion, personne en haut, tout le monde étant descendu pour la coulée; il a fallu qu'un homme montât par les supports du monte-charge pour faire ce qui était nécessaire dans la circonstance. On a trouvé à la partie supérieure d'un des hauts fourneaux, à 26 *m* de hauteur, la trace d'une partie de chaudière dont la trajectoire avait passé à cet endroit; et on a retrouvé sur une pile de gueuses à 225 *m* de distance une portion de chaudière de 3 *m* de longueur. Ce morceau paraît avoir d'abord heurté un rail qui a été courbé, puis avoir rebondi, passé au-dessus d'une locomotive de service placée à 50 *m*. Une autre locomotive a été couverte de débris; le mécanicien qui était à côté a été brûlé aux jambes et aux bras, tandis que le chauffeur

qui était sur la plate-forme n'a rien eu. Une grue mobile de 6 *t* placée sur la voie a été lancée à 25 *m* de distance et à peu près démolie. Les ateliers, magasins et autres bâtiments situés au nord des hauts fourneaux et à plus de 140 *m* des chaudières ont été comme bombardés, les toitures criblées de trous, les fenêtres brisées, etc.; les bureaux ont été également endommagés.

Comme on l'a déjà indiqué, les hauts fourneaux ont relativement peu souffert et pourraient être remis en marche dès qu'on aurait de la vapeur pour les machines soufflantes. La catastrophe est arrivée juste à la fin de la coulée et les fourneaux ne contenaient presque plus de fonte. S'il en eût été autrement, ils n'auraient peut-être plus jamais pu resservir; tandis que dans les conditions actuelles, ils peuvent, sans danger, attendre un mois.

Un fait très curieux est que presque toutes les chaudières se sont rompues à peu près au même endroit, à la troisième couture circulaire à partir d'une extrémité. Le premier examen des tôles n'a pas semblé indiquer qu'il y ait eu manque d'eau; aussi a-t-on pensé que la catastrophe pouvait être attribuée à une explosion de gaz dans les carneaux; cette explication pouvait être appuyée sur les grands ravages constatés dans les maçonneries et que n'eût pas amenés au même degré une explosion de vapeur proprement dite.

L'enquête du coroner a eu lieu le lendemain; elle a porté sur les neuf morts tués par les débris ou brûlés par l'eau bouillante ou par la fonte fraîchement coulée sur laquelle ils avaient été projetés ou avaient dû marcher pour tâcher de se sauver.

L'expert nommé par le coroner a cru retrouver des marques de surchauffe sur les débris d'une des chaudières et a conclu qu'un des générateurs avait pu faire explosion par suite du manque d'eau et que l'explosion avait amené la rupture des autres par ébranlement ou soulèvement.

Le jury a donné un verdict de mort accidentelle par suite de blessures occasionnées par une explosion, celle-ci ayant été amenée par surchauffe, mais sans qu'il soit possible de déterminer la cause de cette surchauffe; il a ajouté que, dans son opinion, aucune négligence n'était imputable à qui que ce soit, et que le matériel était en bon état. Nous donnerons ultérieurement l'enquête faite par les autorités du *Board of Trade*, si cette enquête révèle des faits intéressants.

L'arrêt de l'usine va produire une certaine perturbation sur le marché du Cleveland; on le comprend si on considère que, d'une part, elle produisait 9 000 *t* de fonte par mois, et que, de l'autre, elle ne consommait pas moins de 30 000 *t* de minerai et 10 000 de coke dans la même période.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1895.

Notice nécrologique sur **M. Hippolyte Rousselle**, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, membre du Conseil de la Société, par M. Cheysson.

Rapport de M. Cheysson sur l'**Association coopérative de consommation des employés civils de l'État et du département de la Seine.**

Cette Association comportait, au 31 décembre 1894, 12.553 membres, dont 6.860 actionnaires et 5.693 adhérents. Son chiffre de vente s'est élevé en 1894 à 6 1/2 millions de francs, ce qui donne une moyenne de 555 francs par acheteur.

Organisée en Société anonyme coopérative au capital primitif de 125.000 *f*, la Société l'a poussé par augmentations successives jusqu'à son montant actuel de 400.000 *f* représenté par 8.000 actions de 50 *f*; la valeur de ces actions s'est progressivement élevée jusqu'au taux actuel de 87,50 *f*. La réserve s'élevait fin 1894 à 299.900 *f*.

Rapport de M. Jordan sur le Mémoire de M. Osmond intitulé : **Méthode générale pour l'analyse micrométrique des aciers au carbone.**

C'est à une époque relativement récente que l'étude microscopique de la structure des métaux et la représentation de leurs aspects par le dessin et la photographie ont pris une importance réelle et sont devenues, sous le nom de métallographie microscopique, un des modes de recherche qui préoccupent le plus les métallurgistes.

Le mémoire de notre collègue M. Osmond est, en réalité, un manuel d'analyse micrographique, où se trouvent détaillés les meilleurs moyens d'arriver au but recherché. On y trouve une série de photographies microscopiques qui présente un très grand intérêt.

Suit la reproduction *in extenso* du mémoire de M. Osmond.

Nous n'entrerons point dans l'examen de ce remarquable mémoire: nous nous contenterons d'en signaler une partie fort originale, c'est celle qui a rapport à la préparation mécanique des surfaces à observer, ou *polissage*. Le polissage dont il s'agit n'a aucun rapport avec celui qui a lieu ordinairement dans l'industrie. On ne trouve sur cette question que peu de renseignements utiles et, comme le dit l'auteur, chacun a à faire, dans cette question, son apprentissage, que l'expérience d'autrui peut abréger sans le supprimer complètement. Il n'en est pas moins vrai que

les indications données par M. Osmond et la description du procédé spécial qu'il emploie seront d'un grand secours pour une préparation mécanique qui est la base de la méthode micrographique dont il s'agit.

Rapport de M. JORDAN sur les travaux de M. HADFIELD au sujet des **alliages du fer** avec le silicium, l'aluminium et le chrome.

M. Hadfield, fabricant d'acier à Sheffield, a étudié les alliages du fer avec différents métaux et a fait un grand nombre d'essais tant au point de vue de leur malléabilité, de leur dureté et de leur soudabilité qu'à celui des propriétés résistantes. Ces travaux, effectués avec les moyens et les ressources d'une aciérie en pleine exploitation, présentent un grand intérêt pour la métallurgie.

Rapport de M. LAVALARD sur un mémoire de M. FURNE intitulé : **Conditions de la production et de l'élevage de la race chevaline boulonnaise.**

Ce rapport est suivi de la reproduction *in extenso* du mémoire de M. Furne qui touche à des questions d'un ordre tout spécial et un peu étrangères à l'objet ordinaire des études de notre Société.

Sur la consommation de houille dans le **procédé de concentration de l'acide sulfurique** de M. Kessler, par M. KESSLER.

Dans une revue des progrès de l'industrie chimique publiée dans le numéro de février 1895 du *Bulletin de la Société d'Encouragement*, M. Sorel avait indiqué une consommation de houille de 18 *kg* pour 100 *kg* d'acide sulfurique produit par l'appareil Kessler, pour effectuer la seule aspiration du gaz qui le traverse, La présente note a pour objet de rectifier ce point et d'établir la véritable consommation qui, de ce chef, ne doit pas dépasser 3 à 4 *kg*.

Revue des **Progrès récents de l'industrie minière**, par M. A. LEPROUX, Ingénieur des mines.

Dans cette revue sont traitées différentes questions telles que l'emploi de l'électricité pour la traction, les transmissions, la mise en marche des perforatrices, l'électrolyse des solutions de cyanure de potassium qui ont été employées au lavage des minerais d'or, les recherches faites en Angleterre sur les explosions dans les houillères, la préparation mécanique des minerais et les expériences de M. Richards sur le classement des minerais au bac à piston.

Fusibilité des alliages métalliques, par M. H. LE CHATELIER.

L'étude de la fusibilité des alliages paraît appelée à fournir des renseignements très précis sur leur constitution, par analogie avec ce qui se passe pour les mélanges similaires, dissolutions de sels dans l'eau, mélanges de sels, etc. On pourrait obtenir des courbes de fusibilité équivalentes aux courbes de solubilité et s'en servir pour remonter à la constitution des alliages. L'usage de ces courbes permet d'obtenir immédiatement l'explication de certains phénomènes, tels que la liquation.

Les machines à vapeur à bielle triangulaire. — L'idée de ces machines dans lesquelles deux cylindres placés l'un à côté de l'autre ont leurs tiges articulées aux deux sommets d'une bielle triangulaire dont le troisième sommet actionne le bouton de manivelle est très ancienne. On en trouve un dessin dans le *Treatise of Steam Engine*, édité à Londres en 1846 par l'Artizan Club, sous la direction de John Bourne, où ce système est attribué à P. P. Smith. Ce même système, avec des variantes de détail, a été de nouveau proposé en Angleterre en 1874 par Bernay et dernièrement encore par MM. Fleeming, Ferguson et Dixon. Il est construit par J. Musgrave, de Bolton, et nous avons eu occasion d'en parler dans notre chronique de janvier 1893. La note dont nous nous occupons donne la construction assez compliquée du tracé du mouvement.

Tuyauterie de vapeur des machines marines (d'après une communication de T. J. Milton à l'*Institute of Naval Architects*).

Le Sand Blast et ses applications, par J. J. Hotzapffel (Extrait du *Journal of the Society of Arts*).

On sait que ce procédé basé sur l'effet d'un jet de sable projeté par l'air comprimé est appliqué avec succès au retaillage des limes, au dépolissage du verre, décapage des métaux, nettoyage des coques de navires, travail des pierres lithographiques, etc. On l'a enfin appliqué au nettoyage des façades des maisons.

Canalisation en béton Ransome (Extrait de l'*Engineering News*).

Ces canalisations sont d'une pièce, et leur pose s'opère au moyen d'un moule et d'un mandrin tiré par une corde. On peut ainsi poser 90 *m* par jour de canalisation de 0,90 *m* de diamètre et même plus. Le mètre courant, avec des salaires assez élevés, est revenu à Denver à 21,30 *f* par mètre courant.

Composition et patine des bronzes japonais (Extrait du *Journal of the Society of Arts*).

Application systématique de la pomme de terre à l'alimentation du bétail, par M. Aimé Girard (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

La Fumure des vignes et la qualité des vins, par M. A. Muntz (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mai 1895.

Réunion de Saint-Étienne.

Séance du 4 mai.

Communication de M. Maurice sur **la loi anglaise portant règlement sur les mines de houille,** 1895.

Un projet de loi basé sur les conclusions de la Commission anglaise des explosions de poussières et modifiant sur certains points la législation de 1887 sur les mines de houille est actuellement soumis à la Chambre des Communes. Cette nouvelle loi apporte divers amendements à la loi de 1887 et édicte, en outre, des dispositions toutes nouvelles.

Elle crée notamment une catégorie de mines dites *dangereuses* qui comprend les mines *grisouteuses* et les mines *poussiéreuses*. Pour ces mines, une fois classées comme telles, après recours possible de l'exploitant devant un conseil des mines créé à cet effet, il sera établi un règlement d'exploitation déterminant les moyens à employer pour l'éclairage, l'emploi des explosifs, l'arrosage, etc., et les précautions à prendre.

Le texte complet du projet de loi est reproduit dans la note dont nous nous occupons.

Course géologique de l'École des mines de Saint-Étienne en 1895.

Cette course qui doit avoir lieu du 8 au 15 juillet a pour objet la visite des principales régions géologiques des Alpes Suisses, savoir :

1° Les préalpes Romandes; 2° les hautes Alpes calcaires dans la partie qui borde au nord le massif cristallin de l'Oberland Bernois; 3° le massif cristallin de l'Oberland dont on étudiera la bordure septentrionale et la coupe complète du Nord au Sud par la vallée de l'Aar jusqu'au Valais.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 15748-7-95. — (Encre Lorilleux).

ISSION COURROIES

MBRE TOURS du lant	VITESSE LINÉAIRE des brins	DES INDUSTRIELS	OBSERVATIONS
11	12	19	20
	m		
68	18,00	Câbles. sans accident.	Installation à revoir.
70	14,80	Câbles.	
78	16,40	Câbles.	
67	21,00	Câbles.	
72	18,10	Câbles.	
36	13,16	Câbles.	Mise en route nouvelle.
47	21,00	Câbles.	
»	»	ans opinion.	
72	17,10	Câbles.	
57	20,80	Câbles.	
60	17,30	Câbles.	
57	20,20	[illegible]	
57	19,00	Câbles.	
66,5	19,20	Câbles.	
64	20,70	l'un sur l'autre et sur les planchers. Pas d'accident.	
75	25,40	Câbles.	
60	20,40	Câbles.	
70	22,42	Câbles.	
66	22,45	Câbles.	
56	19,04	Câbles.	
60	20,04	Câbles.	
58	20,49	Câbles.	
65	20,30	Câbles.	
68	24,20	Câbles.	
65	24,00	Câbles.	
58	22,70	Câbles.	
65	23,80	Câbles.	
55	20,20	Câbles.	

POUR

SECTION des câbles et courroies en cm²	25
	10,33 cm × 5 = 51,65
	450 mm × 9 = 42,75
	450 mm × 12 = 56,25
	2 mm × 11 mm = 48,62
	10,33 cm × 5 câbles = 51,65

POUR MÉMOIRE		EXPRESSION	RAPPORT		POIDS
SECTION des bles et courroies en cm^2	TRAVAIL transmis par les câbles et courroies par cm^2 — T Théorique P Pratique	de la MOYENNE constante de la charge	des FORCES absorbées à l'unité 0/0 en tenant compte de la colonne 27	OBSERVATIONS	des CABLES et courroies
25	26	27	28	29	30
0,33 cm × 5 = 51,65	T 11,050 kg P 11,050	94	100 — 58	Pendant cet essai, un compteur ayant omis d'enregistrer un certain nombre de tours, ce que prouve le glissement négatif obtenu, les chiffres indiqués dans les colonnes 11 et 15 sont des minima. En s'en rapportant au chronometre, ces chiffres deviendraient respectivement 162,95 et 78,49. Il y a lieu de noter au surplus que le moteur et la dynamo étaient neufs et n'avaient encore fonctionné que pendant deux heures depuis leur installation, la veille des essais. — Les résistances passives devaient donc être plus considérables, ce que démontrent du reste les résultats du 5e essai.	190 kg
50 mm × 9 = 42,75	T 12,380 P 12,47	93,88	100 — 87	Les cinq dernières expériences ont été lues à 93 volts 66 au lieu de 94 au voltmetre de Torsion Siemens, ce qui fait, pour les 15 expériences, une moyenne de 93,88 au lieu de 94, à l'instant du relevé des diagrammes sur la machine à vapeur.	151
50 mm × 12,5 = 56,25	T 9,350 P 9,450	93,83	100 — 37	Dix lectures sur quinze ont été faites à 93,75 au lieu de 94, ce qui fait 93,83 de moyenne.	150
mm × 11 mm = 48,62	T 10,900 P 10,98	94	101 — 07	»	133
0,33 cm × 5 câbles = 51,65	T 10,900 P 11,00	94	100 — 00	»	190

Lille, le 30 octobre 1894.

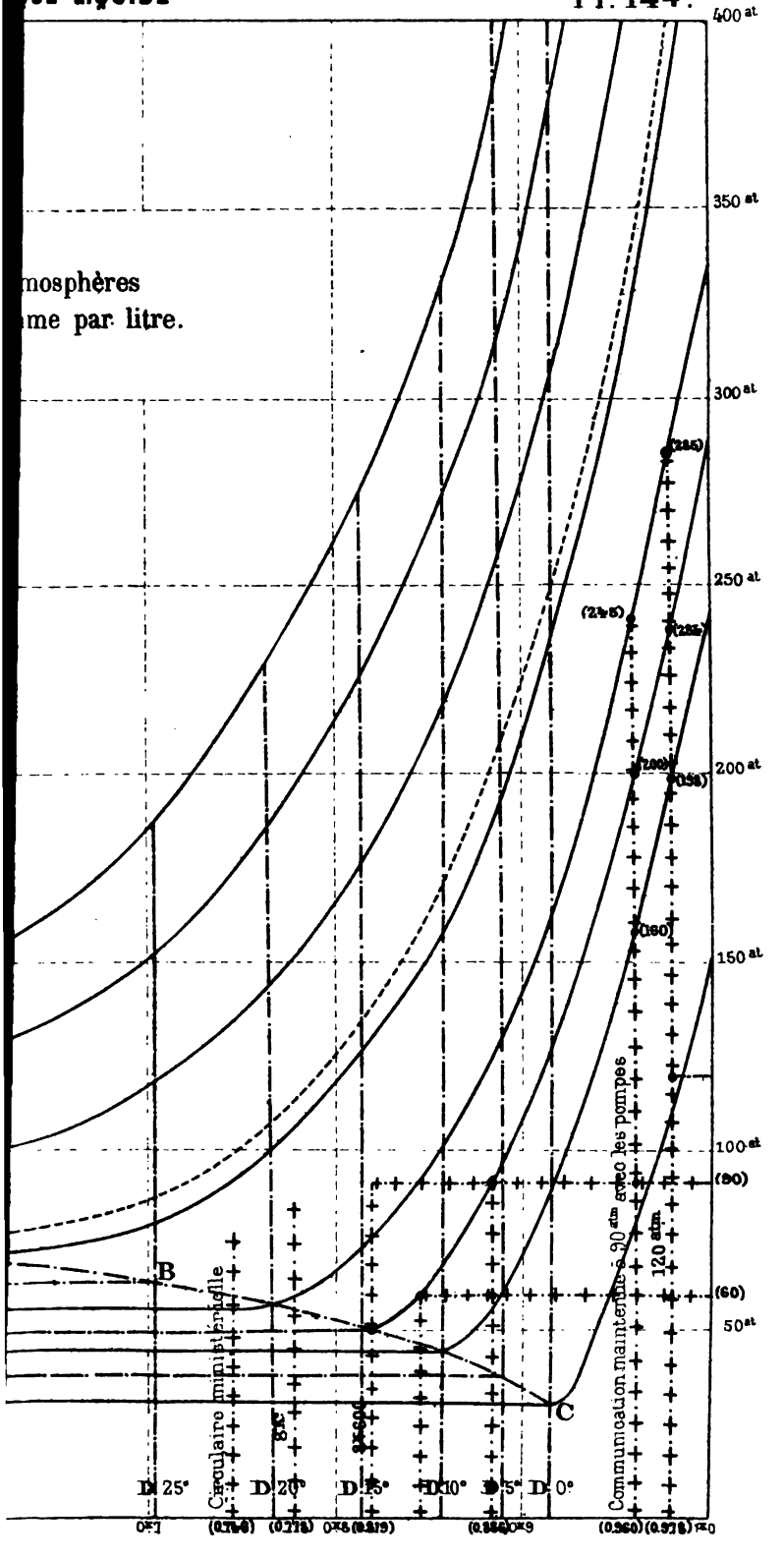
Pour la Commission des essais,

LE PRÉSIDENT,

V. DUBREUIL.

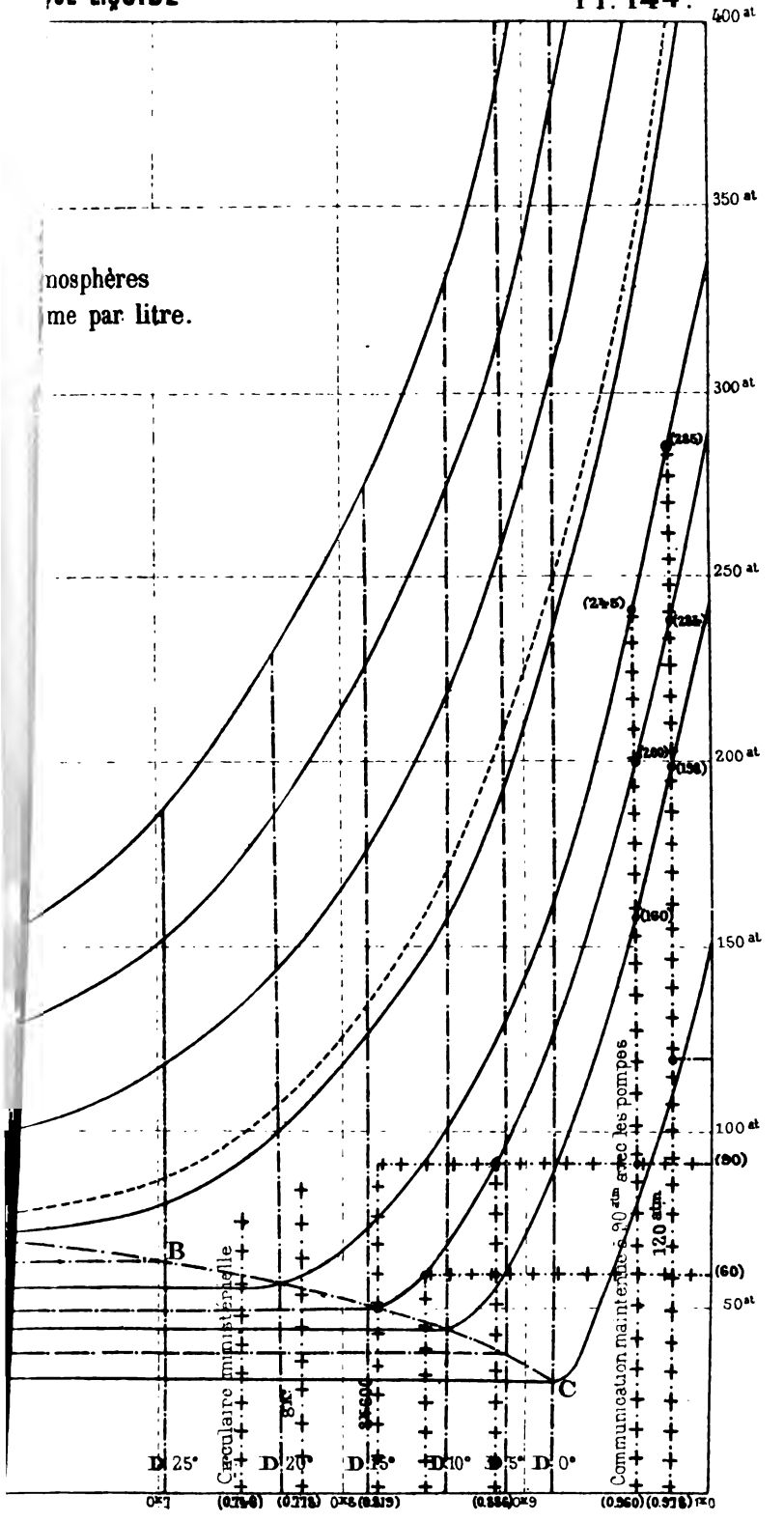
IMP. CHAIX. — 15754-7-95.

mosphères
me par litre.



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

mosph
me p



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AOUT 1895

N° 8.

Sommaire de l'Assemblée générale extraordinaire et de la séance ordinaire du 2 août 1895.

1° *Émission d'obligations en vue de la reconstruction du nouvel Hôtel*, exposé de la question par M. L. Appert, Président, et vote de la proposition de la Commission (Assemblée générale extraordinaire du 2 août), page 132;

2° *Rectification au procès-verbal de la séance du 19 juillet*, le nom de M. A. Bianchi figurant à la place de celui de M. A. Brocchi, comme donateur d'une collection de vingt années du Bulletin de la Société (Séance du 2 août), page 134;

3° *Décès* de M. A. Durenne (Séance du 2 août), page 134;

4° *Décoration* (Séance du 2 août), page 134;

5° *Concours ouvert par l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, pour la création d'un appareil de cabinet d'aisances* (Séance du 2 août), page 134;

6° *Congrès divers organisés par la Société philomathique de Bordeaux, à l'occasion de l'Exposition internationale de Bordeaux en 1895* (Séance de 2 août), page 134;

7° *Lettre de M. J. Gayda, au sujet de la communication de M. S. Périssé, sur une explosion d'un récipient d'acide carbonique liquide* (Séance du 2 août), page 135;

8° *Discussion sur la traction mécanique des tramways*, notes de MM. L. Francq, de Marchena et A. Lencauchez (Séance du 2 août), page 135;

9° *Ascenseurs et monte-charges employés dans les habitations et hôtels*, par M. L. Hubou, et observations de MM. Samain, Lencauchez et Viennot (Séance du 2 août), page 139.

Mémoires contenus dans le bulletin d'août 1895 :

10° *L'électricité à l'Exposition de 1900*, par M. G. Dumont, page 143;

11° *Application du générateur Serpollet à la traction mécanique des tramways*, par M. G. Lesourd, page 161;

12° *Mémoire sur les poutres à treillis reposant sur deux appuis. Nouveaux procédés de détermination des efforts; nouvelle solution du problème des charges roulantes; généralisation à toutes les poutres et fermes*, par M. E. Monet, p. 171;

13° *Chronique* n° 188, par M. A. Mallet, page 219;

14° *Comptes rendus*, — page 228;

15° *Planches* n°s 145 et 146.

Pendant le mois d'août 1895, la Société a reçu :

35526 — De la Direction générale des Douanes. *Tableau général du commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères, pendant l'année 1894*. Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35527 — De M. J. Rey. *Les lumen-mètres et la méthode photométrique de M. A. Blondel, pour la mesure du flux lumineux* (grand in-8° de 13 p.). Paris, Société internationale des Électriciens, 1895.

35528 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Rapport fait par M. Ed. Sauvage, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les locomotives articulées compound à quatre cylindres, de M. A. Mallet* (in-4° de 20 p. avec 1 pl.). Paris, Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, 1895.

35529 à 35555 — De M. J. Carimantrand (M. de la S.). *27 brochures ou volumes traitant de différentes questions.*

35556 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *Chemin de fer de Paris à Orléans. Exposition philomathique de Bordeaux, 1895. Note sur le matériel exposé* (in-4° de 44 p. avec 7 pl. autog.), 1895.

35557 et 35558 — De MM. E. Bernard et C^ie^, éditeurs, par M. Pérignon (M. de la S.). *Yacht Architecture*, de Dixon Kemp. Édition française traduite, annotée et augmentée, par MM. Boyn et Martinenq, avec préface de M. Pérignon. Première partie, Architecture et Construction (grand in-8° de 447 p. avec atlas in-4° de 77 pl.). Paris, Bernard et C^ie^, 1895.

35559 — De M. Finance. *Peinture au blanc de zinc. Rapport présenté à la Commission des logements insalubres de la ville de Paris* (in-8° de 14 p.). Paris, Chaix, 1895.

35560 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Considérations sur les phénomènes du frottement dans les machines* (in-8° de 15 p.). Paris, Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers, 1895.

35561 — De M. H. Pucey. *VIII^e Congrès international d'hygiène et de démographie. Budapest, 1894. Note explicative des dessins exécutés pour le Congrès* (in-4° de 62 p. autog. avec 4 pl.). Paris, A. Gentil, 1895.

35562 — *Visit of Members of the Institution of Naval Architects to the Terrace of Saint-Germain*, near Paris, June 15 th. 1895. Phototypie. Paris, Berthaud, 1895.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'août sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

J. de Boisgrollier,	présenté par MM.	A. de Dax, Mallet, Manès.
R. Desmarres,	—	L. Appert, Gambaro, E. Polonceau.
Mollard,	—	A. Mathieu, Léger, Le Page.
L.-G. Worms,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1895

PROCÈS-VERBAL

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 2 AOUT 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT, en ouvrant la séance, expose le but de la réunion et rappelle, à cet effet, les termes de l'ordre du jour dont il donne lecture :

Émission d'obligations en vue de la reconstruction du nouvel Hôtel.

Avant de procéder au vote sur l'opportunité de cette mesure dont l'importance et la gravité n'échapperont pas aux membres de la Société, M. le Président croit qu'il est indispensable de faire succinctement l'exposé des raisons qui ont déterminé le Bureau et le Comité à faire cette proposition et à en demander l'approbation.

Une première proposition faite par la Commission spécialement nommée à l'effet de vendre l'Hôtel actuel a été votée par le Bureau et le Comité. Ce vote a été approuvé par la Société, dans la séance du 7 juin de cette année.

Cette vente qui, à l'époque où il en a été donné connaissance, n'était que conditionnelle, l'acquisition par la Société avec laquelle la convention avait été signée devant être approuvée par M. le Ministre de l'Intérieur et par le Conseil d'État, est maintenant définitive, et, dans quelques semaines, la Société des Ingénieurs Civils aura cessé d'être propriétaire de l'immeuble dans lequel elle a tenu ses séances pendant près de vingt-trois années.

La Commission de l'Hôtel avait en même temps pour mission de trouver un terrain sur lequel pourrait être édifié un nouvel Hôtel ou un immeuble susceptible d'être approprié aux besoins nouveaux de la Société.

De nombreux terrains ou propriétés ont été soumis à son examen ; et après une étude minutieuse, trois d'entre eux ont été retenus; ce n'est

que par suite de circonstances imprévues qu'il n'est pas possible de faire connaitre aujourd'hui celui sur lequel le choix de la Commission s'est définitivement arrêté.

De plus, la Commission avait à déterminer les dépenses probables, nécessitées par la construction d'un Hôtel répondant aux besoins actuels de la Société, tout en en prévoyant l'accroissement par suite de l'augmentation du nombre de ses membres ; elle avait enfin à rechercher les combinaisons financières propres à y faire face.

La Société, dont les ressources financières s'augmentent d'une façon continue, soit par les excédents de recettes annuels, soit par des dons volontaires, ne possède cependant pas un capital disponible suffisant pour couvrir les dépenses que la Commission croit nécessaires d'engager. Ces dépenses qu'elle prévoit pouvoir s'élever au maximum à 900 000 *f*, seront couvertes par une somme immédiatement disponible de 300 000 *f*, que possède la Société, le surplus devant être l'objet d'un apport de capitaux pris en dehors d'elle.

Il y avait donc lieu pour la Commission de déterminer les conditions dans lesquelles devait être fait cet emprunt, gagé d'une part par les disponibilités annuelles actuellement existantes ; leur importance viendra s'augmenter de l'apport de subventions fournies par des Sociétés scientifiques importantes qui ont demandé à devenir nos locataires d'une façon permanente, et d'autre part par des locations temporaires que l'aménagement de nos locaux, tout particulièrement étudiés dans ce but, permet déjà d'entrevoir nombreuses et productives.

Plusieurs grandes Sociétés financières ont offert de nous prêter leur concours aux conditions les plus avantageuses ; tout en les en remerciant, la Commission a cru préférable de s'adresser directement aux membres de la Société et au public, en émettant un emprunt par obligations au porteur, à 4 0/0, remboursables en soixante-quinze ans, avec faculté d'anticipation.

Le Bureau et le Comité ont approuvé par un vote favorable la proposition de la Commission ; c'est en leur nom qu'elle est présentée aujourd'hui à la Société qui, conformément à l'article 116 du règlement, doit également y donner son approbation.

M. le Président donne lecture de la proposition ainsi conçue :

« La Société des Ingénieurs Civils de France émettra prochainement » un emprunt de la somme nécessaire pour la construction d'un nouvel » Hôtel, jusqu'à concurrence de 600 000 *f*, à 4 0/0, par obligations au » porteur de 500 *f* rapportant annuellement 20 *f*, impôt compris, ledit » intérêt payable en deux coupons, aux 1er janvier et 1er juillet de » chaque année. Cet emprunt sera remboursable en soixante-quinze ans, » par voie de tirages au sort, à partir de 1902, avec faculté pour la » Société de se libérer par remboursements anticipés, suivant décision » prise par le Comité, d'après la situation financière de chaque année. »

Aucune observation n'étant présentée, la proposition est mise aux voix et adoptée à l'unanimité moins une voix.

M. le Président, avant de lever la séance, remercie les membres de

la Société de la sanction qui vient d'être donnée à l'œuvre collective de la Commission, du Bureau et du Comité; il les assure que, forts de leur approbation, ils continueront à faire leurs efforts pour répondre aux aspirations si légitimes et à maintes reprises si vivement exprimées par un grand nombre d'entre eux.

Il espère que, dans quelques mois, la Société des Ingénieurs Civils de France, confiante dans sa vitalité et dans son avenir, pourra accueillir ses membres toujours plus nombreux et plus assidus dans un Hôtel digne d'eux et de leur réputation.

La séance de l'Assemblée générale est levée.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 2 AOUT 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 9 heures, après la clôture de l'Assemblée générale (1).

M. LE PRÉSIDENT signale une faute d'impression commise dans le procès-verbal de la séance du 19 juillet : c'est par M. A. Brocchi, et non par M. A. Bianchi, qu'il a été fait don à la bibliothèque d'une collection de vingt-trois années du *Bulletin* de la Société.

Sous le bénéfice de cette rectification, les procès-verbaux des deux précédentes séances des 5 et 19 juillet sont adoptés.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. A. Durenne, maître de forges, Officier de la Légion d'honneur. M. Durenne, ancien élève de l'École Centrale (promotion 1843), avait une maison de forges et fonderie très importante et occupait dans le monde industriel une place considérable. Il était membre de la Société depuis 1864.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer que notre Collègue M. L. Courtier a été nommé Commandeur du Medjidié.

L'Association des industriels de France contre les accidents du travail vient d'ouvrir un concours pour la création d'un appareil de cabinet d'aisances. Le programme est déposé au Secrétariat ou il pourra être consulté.

A l'occasion de l'Exposition internationale de 1895, la Société philomathique de Bordeaux organise dans cette ville, du 16 au 21 septembre, un Congrès international de l'enseignement technique commercial et industriel et, du 9 au 14 septembre, un Congrès des Chambres syndicales patronales de France et des Chambres de commerce françaises à

(1) Voir le procès-verbal spécial à cette séance.

l'étranger, ainsi que des Sociétés et Associations commerciales ou industrielles. Les programmes et feuilles d'adhésion à ces Congrès sont déposés au Secrétariat à la disposition des membres de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui sera publiée à la suite du procès-verbal.

Il est donné lecture d'une lettre de M. J. GAYDA relative à la communication faite par M. S. Périssé au sujet d'une *explosion d'un récipient d'acide carbonique liquide.*

D'après l'examen de la forme même du fond du cylindre, M. Gayda ne croit pas que le fond ait été rapporté sur le tube par un simple encollage. Un travail de cette nature ne présenterait pas de garantie de solidité et, en outre, serait très difficile à effectuer. Il estime qu'on a procédé d'une manière différente : l'extrémité du tube a été évasée à chaud sur un mandrin de manière à présenter la forme d'un entonnoir et le fond, forgé en forme de tronc de cône, enfoncé fortement dans l'ouverture conique; puis, le tout chauffé à la chaude suante et martelé de manière que le tube soit ramené à la forme cylindrique. Une soudure faite dans ces conditions est facile et d'un succès assuré; elle est très résistante si elle a été bien faite et si le métal employé est de bonne qualité.

Mais, dans l'espèce, la soudure n'a présenté qu'une solidité médiocre par suite du défaut de qualité du métal. Ce fond, en effet, a une texture cristalline à grosses facettes brillantes, ce qui indique un métal sulfureux, difficilement soudable et de la plus mauvaise qualité qui se trouve dans le commerce.

Malgré le poinçon de la bouteille, M. Gayda ne pense pas qu'elle ait pu supporter un essai à une pression de 250 *atm.* Il pense qu'à la condition de n'utiliser que du métal de bonne qualité, on peut accepter les bouteilles en fer forgé à fonds plats, soudés comme il l'a indiqué, comme récipients à acide carbonique liquide. Il est facile de se rendre compte que la résistance du métal à l'arrachement du fond, c'est-à-dire la résistance d'une section transversale du tube est, théoriquement, le double de celle des deux sections suivant les génératrices.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que la lettre de M. Gayda sera déposé *aux archives* de la Société ainsi que les lettres et notes de MM. L. Francq, E. de Marchena et A. Lencauchez, dont il va être également donné lecture et qui sont analysées dans ce procès-verbal.

M. L. FRANCQ, tout en rendant hommage à la communication de M. de Marchena sur la *traction mécanique des tramways*, ne peut adopter complètement sa manière de voir. Il pense que les charges d'entretien et de renouvellement des moteurs sont beaucoup plus considérables que ne le croit M. de Marchena, et, d'après lui, les prévisions seront largement dépassées quand l'expérience aura parlé pendant un temps suffisamment prolongé; ceci est surtout vrai pour les moteurs qui, par suite de transformations mécaniques, sont délicats et coûteux.

Une longue expérience a prouvé à M. L. Francq que les dépenses d'entretien et de renouvellement dominent celle de la dépense du combustible.

En ce qui concerne les tramways électriques, les conditions d'exploitation étant très différentes en Amérique et en France, on ne peut, chez nous, à cause des faibles vitesses imposées, compter sur un parcours journalier de 150 à 240 kilomètres. Ce n'est que dans ces conditions qu'on arrive, dit M. Francq, à un prix de revient séduisant, et encore en négligeant plus ou moins les frais d'entretien et de renouvellement.

M. Francq trouve que M. de Marchena s'est un peu trop placé au point de vue exclusif de l'art de l'Ingénieur pour apprécier les systèmes de traction mécanique. Il faut, dit-il, envisager surtout les moyens employés au point de vue de leur puissance, de leur élasticité, des améliorations qu'ils réalisent sur la traction animée, du développement de la recette brute, du coefficient de la dépense d'exploitation par rapport à la recette, et enfin du résultat final au point de vue financier.

Il ne faut pas oublier, quand on compare divers systèmes, de rapprocher le prix de revient kilométrique de la traction du prix total d'exploitation correspondant; enfin, ne pas négliger de ramener à une même base les facteurs essentiellement variables, tels que le coût des matières et celui des salaires, et aussi se rendre compte de la résistance à la traction qu'il y a à vaincre et qui peut, suivant l'état de la voie, aller de 5 à 15 *kg* par tonne.

Suivant les rampes et les déclivités du profil en long, le poids du train remorqué, etc., l'usure des sabots des freins, des bandages des roues et des rails variera considérablement; il faudra aussi en tenir compte.

La traction mécanique a été appliquée à l'aide d'un système que M. de Marchena a cité comme fonctionnant avec une économie remarquable dans un cas où il aurait été plus simple d'employer des chevaux, attendu que les voitures y transportent environ trente voyageurs en terrain plat et qu'un cheval suffirait pour les traîner, ainsi que cela se fait à Lyon et à Lille. La traction mécanique a considérablement augmenté la dépense de premier établissement; la dépense totale d'exploitation coûte environ 0,70 *f* par kilomètre-voiture; et, si l'on avait employé des chevaux, la dépense eût été de 0,45 *f* à 0,50 *f*, ce qui, vraisemblablement, aurait permis d'attribuer aux capitaux engagés dans l'entreprise un dividende qu'ils n'ont point encore touché.

M. L. Francq insiste sur ce point que la traction mécanique n'est indiquée que lorsque, pour un travail égal, elle est d'un prix moins élevé que la traction animée, et qu'elle réalise pour le public une amélioration, soit comme prix de transport, soit en assurant plus de rapidité, plus de places disponibles et plus de confort.

En ce qui touche particulièrement les machines à eau chaude dites *locomotives sans foyer*, M. Francq insiste sur les avantages du système, qui ont été reconnus par M. de Marchena; mais il n'est plus d'accord avec lui, lorsqu'il dit que ce moteur ne se prête pas à la construction de voitures automobiles, ce qui contribue à en restreindre l'emploi dans l'intérieur des villes.

M. Francq, il est vrai, n'a pas jusqu'ici construit de voitures de cette nature, mais c'est parce qu'il est peu partisan des voitures automobiles pour tramways, qui, dit-il, sont, avec raison, peu appréciées du public, en raison notamment de leur suspension fatigante; mais le moteur à

eau chaude se prêterait très bien à la construction de voitures automobiles, car, à volume et à poids égal, l'eau chaude peut fournir plus de puissance que l'air comprimé à 50 *kg*.

A tous égards, dit M. Francq, la voiture automobile présente des inconvénients nombreux, et le moteur indépendant lui paraît préférable comme économie d'exploitation, simplicité et facilité de manœuvre, sans être, comme on l'a dit, une cause d'accidents plus fréquents. M. Francq possède à ce sujet une statistique plus éloquente que toutes les théories et c'est grâce à cette statistique qu'il a pu triompher devant le Conseil général des Ponts et Chaussées des adversaires de la traction mécanique.

On peut, du reste, à l'intérieur des villes, condenser entièrement la vapeur d'échappement, comme cela a été fait dans plusieurs cas. Dans ces conditions, le moteur à eau chaude circule sans panache, sans bruit, sans odeur et sans gaz toxique ; il est par-dessus tout économique et rend les plus grands services partout où il est appliqué.

La note de M. Francq contient de nombreux chiffres constatant les résultats d'exploitation de la locomotive sans foyer pour le tramway de Paris à Saint-Germain, pour le tramway de l'Est-Marseille, pour une ligne aux Indes Néerlandaises.

Sur le tramway de Rueil à Marly, la traction a coûté 0,42 *f* par kilomètre-train et 0,11 *f* par kilomètre-voiture. Ces résultats correspondent à une dépense de 0,8825 *f* et 0,2373 *f* pour l'exploitation totale.

La Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine déclare que, par kilomètre-voiture, elle fait un bénéfice de 0,0184 *f* par la traction animale, de 0,0647 *f* par la traction électrique et de 0,3043 *f* par la traction mécanique au moyen des locomotives sans foyer.

La Compagnie des Tramways du département du Nord atteste que sur la ligne de Lille à Roubaix le bénéfice d'exploitation a été porté à 110 745 *f* par an par l'emploi exclusif des locomotives sans foyer, alors qu'il n'était que de 4 972 *f* antérieurement avec l'usage des machines à feu ordinaires.

M. E. de Marchena, dans sa lettre en réponse à la note de M. L. Francq, fait remarquer qu'il a répondu, par avance, à quelques-unes de ses observations, notamment en ce qui concerne le mode de traction à adopter pour les lignes à faible trafic et à profil peu accidenté.

Il est également d'accord avec lui sur ce point que l'importance qu'il convient de donner aux frais de premier établissement doit varier avec le trafic sur lequel on peut compter, et toute erreur commise sur ce point est irrémédiable au point de vue du succès industriel de l'entreprise.

Bien loin de négliger le côté financier de la question, comme le dit M. L. Francq, c'est spécialement celui-là qu'il s'est attaché à faire ressortir; quelques collègues même lui en ont fait le reproche. Mais il estime que c'est là le point principal, qui renferme du reste tous les autres : satisfaction du public, bonne exécution du travail, talent de l'Ingénieur.

M. de Marchena se résume en disant que, sans poser de règle absolue,

il pense que la traction mécanique est préférable toutes les fois que le trafic annuel dépasse 50 000 kilomètres-voiture de 50 places, ou l'équivalent par kilomètre de ligne, nécessitant au moins 5 à 6 000 journées de cheval.

M. de Marchena est heureux de rendre hommage aux qualités des moteurs à eau chaude qui fournissent, dans bien des cas, une solution simple et avantageuse et n'ont peut-être pas reçu, jusqu'ici, toute l'extension qu'ils méritent. Il n'a pas parlé de voitures automobiles à eau chaude parce qu'il n'y a pas encore eu d'application industrielle de ce système et qu'il s'est exclusivement renfermé dans l'étude des solutions qui ont reçu la sanction de la pratique; il constate toutefois qu'il est difficile de concevoir une véritable voiture automobile munie du gros réservoir d'eau chaude que nécessiterait la traction sur un parcours d'une certaine longueur.

M. A. Lencauchez résume lui-même la note qu'il a adressée à la Société et qu'il a préparée l'année dernière au sujet de la traction mécanique : il y a traité la question d'une manière générale.

M. Lencauchez fait l'historique des tramways. L'origine est américaine; au début, il s'agissait de créer une voie plus économique qu'une route ordinaire; pour cela on abattait des arbres qui formaient les traverses, on faisait des bordures en planche et on posait des rails. Plus tard, avec le développement des villes américaines, les moyens de transport primitivement créés ont été insuffisants et on a été amené à employer la traction mécanique; la plus intense actuellement est celle de New-York avec l'Elevated.

Actuellement, la question la plus intéressante est la suivante que M. Lencauchez a posée à une précédente séance. Quelle est, pour une ligne donnée, le moyen de traction le plus économique? Les moyens devant toujours être proportionnés au but à atteindre, la traction mécanique ne convient, en général, qu'à un trafic intense; mais elle devient indispensable en ce cas : de là, les chemins de fer.

Lorsqu'il ne s'agit pas d'utiliser des forces naturelles, M. Lencauchez estime que le mode de traction le plus économique est la machine à vapeur employée directement comme dans les locomotives : c'est le moteur le meilleur marché et le plus universellement répandu. Si l'on ne veut pas de fumée, il suffit de brûler du coke; il n'est pas nécessaire pour cela de supprimer le foyer et d'avoir recours à la locomotive sans foyer, qui n'est qu'un accumulateur à eau chaude, et qui ne peut donner en vapeur que 1/10 du poids de son eau.

On a eu, au début, en 1866, une très grande difficulté à faire admettre la traction mécanique sur la voie publique, mais cela pour des raisons toutes particulières : l'Impératrice y était opposée.

La traction électrique avec transmission par câble paraît également à M. Lencauchez, dans beaucoup de cas, une excellente solution en ce qui concerne les tramways, car il supprime le poids mort, et on n'a plus alors de voitures pesant 16 à 18 tonnes, comme quelques-unes des voitures automobiles qui circulent actuellement à Paris.

En diminuant de moitié le poids de la voiture on diminue de près de

moitié l'effort à développer, et comme l'on peut compter sur un rendement de 80 0/0 pour le câble, on voit qu'il peut y avoir économie.

Si l'on n'a pas une force hydraulique à sa disposition, on peut actionner les dynamos par une machine à vapeur fixe ou par des moteurs à gaz; ces derniers moteurs donnent une économie de combustible de 40 0/0 par rapport à la machine à vapeur. Il est vrai qu'ils présentent l'inconvénient d'avoir moins d'élasticité, de souplesse, que la machine à vapeur; mais cet inconvénient disparaît lorsqu'il s'agit d'une station disposant de plusieurs moteurs, car chaque moteur peut alors toujours travailler à pleine charge.

Quant à la crainte des accidents, nous ne considérons pas, comme aux États-Unis, que c'est une simple question d'indemnité à payer par une Compagnie d'assurances; mais on a tort de les attribuer à la traction mécanique : ils sont bien plutôt dus à la vitesse, et, si l'on mettait dans les rues de Paris des chevaux à une allure de 16 *km* à l'heure, on aurait autant d'accidents qu'avec un moteur marchant à la même vitesse. Pour avoir des moyens de locomotion rapide, tout en évitant les chances d'accident, il est indispensable de se placer soit au-dessus, soit au-dessous de la voie publique, de manière à dégager la chaussée.

A Paris, on a, par raison d'esthétique, de la répugnance à admettre que l'on place sur les voies publiques des câbles de transmission de force. M. A. Lencauchez critique vivement cette manière de voir, parce qu'un câble de 7 à 8 *mm* de diamètre est à peine visible à 100 *m*, parce qu'on peut le soutenir par des poteaux avec consoles élégantes, comme au Havre, dans des conditions analogues à celles des becs de gaz, et parce qu'enfin les voies principales étant ornées d'arbres, les fils à la vue se confondraient avec leurs branches. Il estime qu'on ne peut sérieusement renoncer aux avantages de la traction électrique pour éviter l'aspect des câbles dans les rues (1), pas plus qu'on ne peut renoncer à la traction mécanique par machine à vapeur pour y éviter la fumée d'une machine d'environ 15 ou 16 *ch*, ou le panache de vapeur qui n'est même pas visible par un temps sec.

M. le Président, après avoir remercié M. Lencauchez de sa communication, déclare la discussion close, personne ne demandant plus la parole sur ce sujet.

La parole est ensuite donnée à M. L. Hubou pour sa communication sur *les Ascenseurs et monte-charges employés dans les habitations et hôtels.*

M. L. Hubou donne, au début de sa communication, la classification suivante des ascenseurs:

I. Ascenseurs hydrauliques se manœuvrant par la pression directe des eaux de la ville et comprenant les ascenseurs hydrauliques :

A puits sans équilibrage;
A puits à équilibrage supérieur;
A puits à équilibrage inférieur ou à compensateur;
Sans puits.

(1) Il ne faut pas oublier que la transmission électrique souterraine existe et est pratiquée dans bon nombre de grandes villes.

II. Ces mêmes ascenseurs hydrauliques, fonctionnant avec récupération d'eau au moyen de pompes actionnées par :

La vapeur ;
L'air comprimé ;
Un moteur à gaz ;
Un moteur électrique.

III. Ascenseurs électriques proprement dits, ou à action électrique directe.

L'ascenseur hydraulique à puits sans équilibrage est le plus simple ; mais il ne permet pas de monter à de grandes hauteurs, et il dépense beaucoup d'eau.

L'équilibrage supérieur d'un ascenseur à puits s'obtient au moyen d'une chaîne dont le poids du mètre courant est égal à la moitié du volume d'eau déplacé par un mètre de course du piston. Il présente, au point de vue de la sécurité, des inconvénients résultant notamment, soit du mode de liaison de la cabine avec le piston et avec la chaîne, soit de l'introduction d'air dans le cylindre du piston au moment de la remise en charge de la canalisation d'eau momentanément arrêtée.

L'équilibrage inférieur est réalisé, pour le piston de l'ascenseur supposé à mi-course, en équilibrant le poids mort fixe au moyen d'une balance hydraulique ; on tient compte, en outre, des variations de poids du piston émergeant en soulageant le contrepoids pendant la première moitié de la course, et en le surchargeant dans la seconde moitié. Les dispositifs de compensateurs ainsi employés pour l'équilibrage variable sont très nombreux ; on peut citer, entre autres, ceux de MM. Samain, Pifre et Viennot.

Les ascenseurs sans puits sont également très employés ; on peut citer, comme exemples, les ascenseurs à piston télescopique Samain, à piston articulé Roux et Combaluzier, et les ascenseurs à mouflage interposé entre le cylindre moteur et la cabine, dont le type est celui du système américain Otis.

Les ascenseurs hydrauliques, avec les perfectionnements qui leur ont été apportés, sont des appareils d'un fonctionnement sûr. Ils sont, à Paris, généralement branchés sur les conduites d'eau de source, dont ils utilisent la pression. Un récent règlement de la Préfecture de la Seine vient d'élever le prix de cette eau à 0,60 *f* le mètre cube. D'après ce nouveau tarif, un ascenseur à trois personnes faisant en moyenne vingt-cinq courses par jour, à raison de 275 *l* d'eau par course, coûterait par an 1 500 *f* au lieu de 800 *f*, prix auquel il revenait avec l'ancien tarif à 0,32 *f* le mètre cube.

Aussi, au lieu de prendre comme force la pression directe de l'eau de source, tend-on maintenant à utiliser, soit la vapeur actionnant des pompes Worthington ou Blake, soit la pression de l'air comprimé, du gaz ou de l'électricité, en se servant des canalisations qui desservent les quartiers.

Différentes installations ont ainsi été proposées et appliquées pour la manœuvre des ascenseurs hydrauliques ; leur transformation, en employant un autre moteur que l'eau de source, procurerait une économie

annuelle pouvant être évaluée aux deux-tiers du prix de revient avec le nouveau tarif de cette eau de source.

Enfin, les ascenseurs peuvent être purement électriques. c'est-à-dire actionnés directement par une dynamo, en étant équilibrés à leur partie supérieure. Divers de ces appareils fonctionnent déjà, tant en France qu'à l'Étranger, notamment en Amérique ; tous sont mis en marche au moyen de courants continus. Il n'existe pas encore actuellement, dit M. Hubou, d'installation d'ascenseurs actionnés par des courants alternatifs : la question est à l'étude, et est à peu près résolue.

Les ascenseurs sont des appareils dont le fonctionnement doit être l'objet d'une surveillance assidue. Cette surveillance est exercée en Amérique par une Société d'assurance dont les inspecteurs contrôlent le bon fonctionnement des ascenseurs et en empêchent la manœuvre dès qu'il y a danger. C'est une mesure de sécurité qu'il serait intéressant peut-être de généraliser.

M. Samain n'admet pas les critiques qui ont été adressées à l'ascenseur télescopique.

On a dit que ces ascenseurs dépensent une grande quantité d'eau et qu'on ne peut équilibrer le poids du volume d'eau déplacé ; c'est inexact, car tous les systèmes de compensation indiqués peuvent être adoptés pour équilibrer la colonne d'eau. Il y a seulement les différences de section de la colonne qui ne peuvent être équilibrées.

On a dit aussi que, par suite des joints nombreux, il y avait à craindre de voir des fuites et l'eau s'échapper dans l'escalier ; qu'en outre, au moment où chaque partie du piston entre en charge, la cage recevait une secousse : la pratique a fait justice de ces deux objections, car il existe de nombreux ascenseurs de ce type qui fonctionnent d'une façon irréprochable depuis plusieurs années ; il est vrai qu'il a fallu réaliser plusieurs appareils avant d'arriver à ce résultat.

Aujourd'hui, l'ascenseur télescopique fonctionne sans secousses et sans fuite ; il évite l'inconvénient du puits et ne consomme pas 5 0/0 d'eau de plus que l'ascenseur à puits le mieux équilibré. Il a en outre l'avantage de présenter une grande sécurité ; à cause même de l'absence du puits, on évite d'avoir dans un endroit peu visitable des pièces en tôle, en acier ou en fonte constamment à l'humidité et, par suite, pouvant se rouiller et ainsi occasionner des fuites et par conséquent des accidents.

Il y a lieu de signaler en outre que l'ascenseur hydraulique Otis n'a pas été étudié au point de vue économique. Le poids des câbles, qui est considérable, puisqu'il y en a quatre pour supporter la cabine, n'est pas équilibré.

En ce qui concerne les ascenseurs électriques, M. Samain fait observer que si l'on ne peut se procurer des renseignements auprès des constructeurs français, c'est que la question est à l'étude, chacun cherchant à réaliser un type supérieur ou au moins équivalent à l'ascenseur électrique Otis : c'est l'augmentation du prix de l'eau à Paris, 0,60 *f* le mètre cube au lieu de 0,32 *f*, qui nécessite ces recherches.

Dans les villes de province, où l'eau coûte jusqu'à 1 *f* le mètre cube, on a renoncé à marcher à l'eau de ville et on installe des moteurs à

gaz; cette solution-là existe depuis deux ou trois ans. Mais on n'a pas encore réalisé la solution à laquelle il vient d'être fait allusion, d'avoir un moteur à gaz fonctionnant seulement au moment de la mise en marche.

M. Lencauchez demande à poser une question. Il croit qu'à l'ascenseur Otis de la Tour Eiffel, le câble est moufflé à douze brins ; comme dans les poulies moufflées la perte est de 8 à 10 0/0 par brin, ce qui réduit à peu de chose l'effort primitif par le passage sur les poulies, l'effort sur la tige du piston doit être considérable et dangereux.

M. Samain dit que d'une manière générale l'on connait les coefficients de frottement sur lesquels on doit compter; on ne peut pas évaluer le rendement à plus de 50 0/0. Une courbe géométrique détermine l'équilibrage; la construction de cette courbe se fait par un calcul algébrique; suivant qu'on équilibre bien, l'économie peut être considérable. Dans le système Samain, cet équilibrage est parfaitement réalisé.

M. Viennot trouve le chiffre indiqué pour le rendement un peu faible; il dit qu'il peut citer des exemples d'un rendement notablement supérieur.

M. le Président remercie M. Hubou, dont le travail, quoique incomplet sur certains points, présente néanmoins beaucoup d'intérêt. Comme l'a fait espérer M. Samain, il y a lieu de penser que dans peu de temps des renseignements complémentaires pourront être apportés à la Société, qui sera très heureuse de l'écouter lui-même sur cette question.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. J.-V. Lagache, J.-F. Trantoul et F.-J. Vallet, comme membres sociétaires.

Sont admis membres sociétaires MM. J. de Boisgrollier, R. Desmarres, Mollard et L.-G. Worms.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

L'ÉLECTRICITÉ
A L'EXPOSITION DE 1900

PROJET D'APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

à l'organisation

DES SERVICES DE L'ÉCLAIRAGE ET DE LA TRANSMISSION DE LA FORCE

PAR

M. G. DUMONT

M. le Commissaire général de l'Exposition de 1900 a donné, dans son rapport du 21 mai dernier, l'avant-projet de la future exposition.

Nous savons qu'elle s'étendra sur le Champ-de-Mars, le Trocadéro et ses abords, l'esplanade des Invalides, le quai d'Orsay, le quai de la Conférence, le cours la Reine et sur l'espace compris entre ce dernier, l'avenue Montaigne et l'avenue des Champs-Élysées; ce qui représente environ 108 hectares.

Suivant le projet définitivement arrêté, l'esplanade des Invalides et la partie des Champs-Élysées placée en regard seront réunies par un pont de grande largeur. C'est sur ces deux emplacements que seront groupées les industries d'art et tout ce qui s'y rattache.

Sur la rive droite de la Seine, du pont des Invalides au pont de l'Alma, seront les expositions de la Ville de Paris, de l'horticulture, de l'économie sociale, etc.; sur la rive gauche, du pont des Invalides au Champs-de-Mars, s'échelonneront les palais et pavillons des nations étrangères, de la guerre, de la chasse, etc. Le Trocadéro serait affecté à l'exposition des Colonies ou autres pays de protectorat.

Enfin on distribuerait au Champ-de-Mars la grande industrie et la production agricole.

Telles sont les grandes lignes de l'avant-projet dressé par M. Bouvard, directeur des services d'architecture, sous la direction de M. A. Picard, Commissaire général. Il donne, croyons nous,

toute satisfaction tant par les emplacements choisis que par la judicieuse répartition qui en a été faite. Un des gros éléments de succès de l'Exposition de 1900 sera sa proximité du centre de Paris, puisque, dès qu'il aura franchi l'entrée de la place de la Concorde, le visiteur se trouvera au milieu des expositions qui intéresseront généralement le plus grand nombre : les industries d'art les plus diverses.

Le soir, la partie des Champs-Élysées et l'esplanade des Invalides qui y sera reliée par une voie de grande largeur, seront visitées par une foule considérable ; il faut donc de toute nécessité que ces deux grands espaces soient brillamment éclairés. Le public se portera également sur les deux rives de la Seine, surtout si la circulation lui est rendue commode par l'établissement de moyens de transports rapides, peu coûteux et toujours à sa disposition.

Les deux rives de la Seine où on pourra jouir de la fraîcheur du fleuve et distraire son regard par les expositions si intéressantes que nous avons mentionnées, doivent donc être pourvues, comme les Champs-Élysées et l'esplanade des Invalides, d'un éclairage abondant.

Il en sera évidemment de même pour le Trocadéro et pour une grande partie du Champ-de-Mars.

On voit ainsi que l'éclairage constituera un des services les plus importants de l'Exposition de 1900, et que la puissance mécanique qu'il nécessitera dépassera de beaucoup celle que l'on avait dû créer en 1889 pour résoudre le même problème.

***

Rappelons brièvement dans quelles conditions avait été installé le service de l'éclairage en 1889.

Il est d'abord entendu que l'électricité seule offre un moyen pratique de résoudre un problème aussi compliqué que celui de l'éclairage des grandes Expositions, et cela grâce à l'emploi combiné des lampes à arc et des lampes à incandescence.

Il n'est donc pas étonnant qu'autrefois, la question de l'ouverture des expositions, le soir, n'ait pas même été agitée.

Ce n'est qu'après l'Exposition d'électricité de 1881, que l'éclairage électrique a pris un développement véritablement industriel ; huit ans plus tard, en 1889, on avait perfectionné les appareils producteurs d'électricité ainsi que les lampes, il ne s'agissait plus

que de trouver une combinaison permettant à la direction de l'Exposition d'organiser l'éclairage d'une partie des palais et des jardins sans grever le budget de l'Exposition.

L'entreprise était importante puisque le premier devis, dressé pour l'éclairge public seulement, conduisait à une dépense de 2 millions de francs, dont 1 400 000 *f* pour pose, dépose, location et remise en état du matériel, et 600 000 *f* pour les frais d'exploitation.

Imitant l'organisation qui avait réussi en 1881, la Direction de l'Exposition provoqua la constitution d'un syndicat international des électriciens exposants qui, agissant en Société en participation, se chargea d'organiser l'éclairage public et privé.

Le contrat passé entre le Commissaire général de l'Exposition et le syndicat pour l'éclairage public stipulait que l'ensemble de l'éclairage prévu comprendrait une surface de 300 000 m^2, et une intensité totale d'environ 150 000 becs carcel, obtenue par une puissance motrice de 3 000 *ch* environ; que le syndicat recevrait pour paiement de l'éclairage public une somme de 1 800 000 *f*.

Le syndicat s'engageait en outre à fournir, sous sa responsabilité, l'électricité nécessaire à l'éclairage des exposants ou exploitants qui demanderaient à être éclairés à l'électricité et à faire, dans ce but, tous les travaux d'installation et d'entretien. Les dépenses comprises dans cette deuxième catégorie devaient être soldées par abonnements, par les exposants et les exploitants, conformément à un tarif soumis à l'approbation de l'Administration.

Grâce à cette organisation, l'Exposition universelle de 1889 montra la plus grande installation, connue jusqu'à ce jour, d'éclairage électrique.

Une puissance motrice de 4 000 *ch* transformée en lumière alimentait chaque soir plus de 14 500 foyers dont l'intensité individuelle allait de 4 bougies à 2 000 carcels.

Cette puissance motrice était fournie par six stations centrales représentant ensemble 3 100 *ch* et par divers moteurs répartis dans le palais des Machines, donnant ensemble 900 *ch*. Enfin 10 000 *kg* d'accumulateurs venaient s'ajouter à ce matériel.

Le syndicat installa :

Pour l'éclairage public. . .	1 093 arcs	8 837 lampes
— . privé . . .	623 —	4 010 —
Au total.	1 716 arcs	12 847 lampes

Grâce à cette vaste exhibition des divers systèmes de production et de distribution de lumière électrique qui étaient en usage en 1889, on a pu se rendre compte de leur valeur respective et on peut dire qu'à ce point de vue, l'œuvre du syndicat a eu une grande portée; elle a eu la plus heureuse influence sur le développement d'une des branches les plus importantes de l'industrie électrique.

Mais à l'Exposition de 1889, on n'éclairait qu'une partie des emplacements occupés : les jardins du Champ-de-Mars, la grande galerie des Machines, et ensuite, un peu tardivement, l'esplanade des Invalides où étaient concentrées les expositions des colonies et de nombreux concessionnaires qui avaient un grand intérêt à attirer les promeneurs le soir.

***

Nous sommes persuadés qu'en 1900 on ne pourra se limiter ainsi et qu'il faudra éclairer l'Exposition dans toutes ses parties, surtout si on considère que, en rapprochant du centre de Paris, l'entrée principale, on est certain de donner plus d'attrait aux fêtes de 1900 et d'y attirer des foules plus compactes. L'éclairage intégral est donc une condition indispensable pour augmenter notablement les recettes et pour mieux atteindre le but d'instruction et d'éducation poursuivi par les pouvoirs publics. Nombre de personnes peuvent en effet consacrer leurs soirées à des visites qu'il leur serait matériellement impossible de faire en semaine. On permettra ainsi aux ouvriers et à de nombreuses catégories d'employés de visiter l'Exposition alors que, sans l'éclairage du soir, ils ne pourraient consacrer que le dimanche à ces visites.

Ce point admis, et nous croyons qu'il ne rencontre pas d'objections, on se trouvera en présence d'une installation qui dépassera de beaucoup, en importance, celle de 1889.

Il est assez difficile de fixer actuellement la puissance motrice qui sera nécessaire à un pareil éclairage, mais il ne paraît pas exagéré de l'évaluer à 12000 *ch* au minimum, soit le triple de celle qui a été utilisée en 1889.

Dans ces conditions, il est peu probable qu'on puisse confier une pareille entreprise à un syndicat où chaque membre prend la responsabilité entière de l'œuvre, encore moins à un groupe d'industriels faisant tous les frais sans avoir la certitude de les recouvrer entièrement.

Il semble que l'éclairage électrique en 1900 devra faire l'objet d'adjudications comme les constructions elles-mêmes.

***

Nous venons d'examiner un des services les plus importants des grandes Expositions : l'éclairage; mais il en est un autre dont l'importance n'est pas moindre : c'est le service mécanique chargé de produire la puissance nécessaire aux machines qui doivent fonctionner devant le public et de distribuer cette puissance aux exposants répartis sur une surface considérable.

Le service mécanique prend une importance de plus en plus grande à chaque nouvelle exhibition.

Les quelques chiffres suivants donneront une idée de cette augmentation du service mécanique.

C'est en 1855 que l'on fit fonctionner pour la première fois des machines sous les yeux des visiteurs. Huit générateurs à vapeur de 300 *ch* de puissance alimentaient les moteurs qui actionnaient eux-mêmes les arbres de transmission.

En 1867 la puissance motrice mise à la disposition des exposants était de 635 *ch* fournis par quinze machines à vapeur et cinq moteurs à gaz de 9 *ch*. Ces différentes machines groupées extérieurement au palais donnaient le mouvement aux machines des exposants par une transmission aérienne de 731 *m* de longueur et par une transmission souterraine de 71 *m*.

En 1878, la puissance motrice s'élevait à 2 500 *ch*; elle était fournie par quarante et une machines actionnant les deux longues transmissions arériennes placées dans les deux galeries des Machines de 645 *m* de longueur, ainsi que les transmissions qu'il fallut installer après coup dans des annexes afin de satisfaire aux demandes des exposants plus nombreux qu'on ne l'avait prévu dans le projet primitif. La longueur totale des arbres de transmissions aériens s'élevait ainsi à 2 176 *m*.

Enfin, en 1889, les installations mécaniques atteignirent une importance sans précédent.

Les machines motrices massées ainsi que leurs générateurs dans l'espace compris entre le palais des Machines et l'avenue la Motte-Picquet développaient 5 500 *ch*. La transmission de mouvement comprenant quatre lignes d'arbres parallèles sur colonnes, allait d'un bout à l'autre du palais des Machines et avait une longueur de 1 360 *m*. En outre les galeries de l'Agriculture installées

sur le quai d'Orsay étaient desservies par une transmission de 206 *m* de longueur actionnée par un transport de force électrique (c'était là une première application qui a permis de se rendre compte des nombreux avantages de ce système). En résumé, la longueur totale des arbres de couche, à l'Exposition de 1889, atteignait en nombre rond 1 600 *m*.

Si nous récapitulons les chiffres ci-dessus, nous voyons que la puissance motrice à distribuer par des arbres de transmission et des courroies aux nombreux appareils en mouvement dans les galeries consacrées aux machines, a passé de :

350 *ch* en 1855
à 635 — 1867
à 2 500 — 1878

pour atteindre :

5 500 *ch* en 1889.

Ces puissances sont dans le rapport de

1 — 1,81 — 7,13 et 15,71.

Quelle sera la puissance motrice nécessaire en 1900 ?

On ne peut le dire exactement à l'heure actuelle, mais il n'est pas exagéré de la prévoir d'au moins 8 000 *ch*, qui, ajoutés aux 12 000 *ch* nécessaires pour l'éclairage donnent un total de 20 000 *ch* qui pourront peut-être bien devenir insuffisants. Alors qu'en 1889, la puissance motrice pour transport d'énergie et pour éclairage était au total de 9 500 *ch*.

Jusqu'à présent on a constitué deux services distincts pour l'éclairage et pour la force motrice, cette dernière étant répartie aux exposants par l'intermédiaire de transmissions mécaniques. Mais depuis la dernière Exposition, d'immenses progrès ont été accomplis dans l'organisation des systèmes de transmissions par l'électricité. Nous avons entretenu dernièrement la Société de cette question que nous avons cru devoir traiter avec quelques détails à cause des applications considérables qui ont été réalisées avec le plus grand succès tant en France qu'à l'étranger.

Nous assistons en ce moment à une véritable transformation dans l'organisation de la transmission de la puissance motrice; le système est applicable partout, il a des avantages si grands sur les systèmes purement mécaniques qu'il y a souvent intérêt à augmenter un peu les frais de premier établissement pour pouvoir jouir de ces avantages dont les principaux sont : la commodité

d'emploi, la possibilité de centraliser la puissance motrice et de la répartir à grande et à petite distance dans des locaux de forme quelconque, de supprimer la plupart des organes intermédiaires, de pouvoir faire sans frais appréciables tous les changements que l'industrie réclame, de pouvoir conduire des machines isolées ou de les grouper quand leurs régimes de marche le permet, de proportionner la puissance motrice au travail à effectuer. Bref, le système de la transmission électrique présente une élasticité très grande et permet d'obtenir des rendements au moins équivalents à ceux des transmissions mécaniques les plus parfaites et supérieurs à ceux de la plupart de ces transmissions ainsi que le constatent de nombreux relevés d'expériences.

Dans ces conditions, le système de la transmission de la force par l'électricité nous paraît s'imposer dans les grandes Expositions universelles où les machines sont réparties sur de vastes espaces, et principalement en 1900 puisqu'il permettra de réaliser le mode de classification si judicieusement adopté par M. le Commissaire général. Le principe de cette classification consiste, comme on sait, à réunir ou rapprocher dans toute la mesure possible, les produits, le matériel et les procédés de fabrication.

L'adoption d'un système de transmission électrique permettra d'éviter l'installation de ces arbres de couche d'une longueur démesurée que nous avons vus en 1889; d'une construction, d'une pose difficiles et coûteuses; entraînant des pertes considérables de puissance, malgré le soin apporté à leur établissement; obligeant à masser dans un même bâtiment et à répartir d'avance toutes les machines ou outils qui doivent tourner, sans pouvoir les classer dans un ordre logique; empêchant enfin de distribuer la force en tous les points de l'Exposition, comme on peut être obligé de le faire pour résoudre les innombrables problèmes qui surgissent à chaque instant au cours de l'organisation d'entreprises du genre de celles qui nous occupent.

Enfin une dernière considération qui n'est pas sans valeur, c'est qu'en créant des centres de production d'énergie, en convertissant la puissance des machines motrices en électricité et en distribuant cette électricité pour produire la lumière et pour faire tourner des moteurs, on combine deux services qui peuvent se prêter une mutuelle assistance et on réalise ainsi des économies appréciables; les services de transmission de force étant généralement en fonctionnement pendant le jour et cessant lorsque l'éclairage commence.

Cette idée n'est évidemment pas neuve, mais elle a le mérite d'avoir reçu la sanction de l'expérience, car elle a été mise en pratique par les Américains à l'Exposition de Chicago en 1893, à l'Exposition de Lyon en 1894 et à celle d'Anvers qui s'est tenue la même année.

Il n'est donc pas inutile d'exposer brièvement l'organisation adoptée dans ces expositions et les résultats obtenus.

***

A Chicago, l'électricité a été mise à contribution dès le début des travaux pour éclairer les chantiers et actionner à distance différents engins tels que grues, treuils, monte-charges, machines à peindre, pompes d'épuisement, scies, perceuses, outils divers. Une station centrale provisoire d'une puissance de 820 *ch* produisait 156 000 watts sous forme de courant continu, dont 136 000 watts étaient affectés à l'éclairage et 20 000 watts à la transmission de la force.

Pendant l'Exposition les services mécaniques et de l'éclairage réunis employaient 25 000 *ch* donnant une puissance électrique de 15 millions de watts équivalant à 20 380 *ch*, ce qui correspond à un rendement de 81,52 0/0 pour la transformation de la puissance des machines en électricité disponible aux bornes des génératrices.

En admettant une perte de 10 0/0 dans les canalisations, ce qui est large, on arrive à une puissance électrique utilisable aux bornes des appareils (lampes ou moteurs) de 13 500 000 watts équivalant à 18 342 *ch*.

Le rendement total de la distribution était ainsi de 73,37 0/0.

Des stations centrales produisant l'électricité destinée à être utilisée sous forme de lumière et de force avaient été groupées dans une travée du palais des Machines et cet ensemble constituait l'*usine d'énergie*.

Ces stations, au nombre de douze, étaient indépendantes les unes des autres au point de vue des dynamos et des moteurs, mais recevaient leur vapeur d'une chaufferie centrale dont elles n'étaient séparées que par un mur en briques. Cette chaufferie contenait trente-trois chaudières d'une puissance de 21 600 *ch*; les moteurs des stations centrales qu'elles alimentaient pouvaient développer 18 770 *ch*.

En outre de cette agglomération de stations d'électricité cons-

tituant l'usine d'énergie, il existait, disséminées dans le palais des Machines, une dizaine de petites stations distinctes dont la puissance motrice totale représentait les 6 230 *ch* formant le complément nécessaire pour arriver à la puissance totale de 25 000 *ch* accusée plus haut.

Il résulte des renseignements que nous avons pu recueillir que 20 000 *ch* étaient utilisés pour l'éclairage et 5 000 *ch* pour la transmission de force, soit le 1/5 du total.

L'éclairage public exigeait 6 585 lampes à arc et 65 652 lampes à incandescence.

L'énergie électrique (convertie en lumière ou en force motrice) était distribuée dans toutes les parties de l'Exposition par des conducteurs souterrains.

L'électricité était engendrée par des dynamos à courants continus d'une tension variant de 220 à 500 volts. Une description détaillée de ce réseau ne présenterait pas grand intérêt dans une étude d'ensemble, mais ce qu'il est plus important de faire connaître, c'est le système adopté par l'administration pour tirer parti du matériel électrique appartenant aux exposants afin de faire concourir ces derniers au service général de l'éclairage et de la transmission de force, tout en gardant la haute direction de ce service.

Les stations centrales d'électricité dont l'ensemble constituait l'usine d'énergie avaient été installées, pour la plupart, par des exposants, d'autres par l'administration de l'Exposition. Ces exposants concouraient donc à la production de l'énergie électrique nécessaire au service général de lumière et de transmission. A titre de rémunération, ils recevaient gratuitement le courant nécessaire au fonctionnement des appareils qu'ils exposaient dans le palais de l'Électricité.

Ceux qui, n'ayant pas de dynamos génératrices fonctionnant dans l'usine d'énergie, voulaient se charger d'une partie de l'éclairage général, installaient dans le palais de l'Électricité des dynamos à lumière mises en mouvement par des moteurs électriques auxquels le courant était fourni gratuitement par l'administration. En retour, les exposants en question posaient et entretenaient à leurs frais les lampes jugées utiles pour l'éclairage général de l'îlot qui leur avait été concédé. Ils s'éclairaient eux-mêmes gratuitement et jouaient vis-à-vis des exposants de leur îlot, qui ne contribuaient pas au service général, le rôle d'entrepreneurs pour la pose et l'entretien des lampes ou pour l'instal-

lation des moteurs dont ces exposants avaient besoin, suivant un tarif arrêté par l'administration de l'Exposition.

En procédant ainsi on était arrivé à utiliser au mieux des intérêts généraux et particuliers le matériel électrique des exposants. Partout où ce matériel existait, la pose des canalisations des lampes, des moteurs et l'entretien de ces appareils restait à la charge des exposants, l'administration se contentant de donner la force motrice initiale et se réservant le contrôle de la bonne exécution de ces installations.

***

L'Exposition de Lyon, ouverte en 1894, ne peut évidemment pas se comparer aux grandes Expositions de Paris en 1889, et de Chicago en 1893, mais elle présentait un intérêt particulier en ce sens que ses organisateurs avaient eu l'heureuse idée de supprimer complètement les transmissions mécaniques pour actionner les machines et outils exposés et destinés à travailler devant le public. La forme circulaire donnée au palais principal se fût, d'ailleurs, prêtée assez mal à l'établissement d'arbres de transmission. Aussi avait-on adopté la commande par moteurs électriques à courant continu et surtout à courants alternatifs.

Cette Exposition était, de plus, brillamment éclairée par l'électricité.

La puissance mécanique utilisée pour ce double service était de 1 805 *ch*, dont 1 500 *ch* pour l'éclairage et 301 *ch* pour la force motrice.

La puissance utilisée pour les transmissions était ainsi le 1/5 de celle employée à l'éclairage.

Ces 1 805 *ch* de puissance mécanique produisaient une puissance électrique utilisable de 973 500 watts, équivalant à 1 324 *ch*, ce qui correspond à un rendement final de 73,38 0/0.

Les services électriques avaient été concédés à un entrepreneur général, qui avait installé quatre stations centrales.

La première, dite usine principale, située sous la grande coupole dans le secteur qui était affecté à l'exposition des machines, comprenait six machines à vapeur dont quatre machines horizontales de 300 *ch*, 250 *ch*, 120 *ch* et 25 *ch*, et deux machines verticales de 200 *ch* chacune, donnant au total 1 095 *ch* et commandant huit dynamos. La vapeur nécessaire aux machines motrices était produite dans une chaufferie installée dans un bâtiment spécial,

situé au dehors de la coupole à une centaine de mètres. La vapeur était amenée par une conduite souterraine. Les trois autres stations, ou usines secondaires, comprenaient des machines représentant les puissances repectives de 240 *ch*, 170 *ch* et 100 *ch*, soit au total 710 *ch*.

L'usine principale produisait du courant à basse tension (110 volts) et à haute tension (500 volts), continu et alternatif, et donnait une partie de son courant pour l'éclairage de la grande coupole et pour la conduite des moteurs des exposants répartis sous cette coupole.

Les trois autres stations fournissaient du courant pour l'éclairage ; une d'elles cependant alimentait le moteur électrique d'un manège.

Voici les chiffres relatifs à ces stations :

	PUISSANCE MOTRICE	PUISSANCE aux bornes des DYNAMOS	RENDEMENT de l'USINE	PERTE dans les CANALISATIONS 8 0/0	PUISSANCE UTILISABLE aux appareils	RENDEMENT TOTAL
Usine principale .	1 095	790 »	0,721	62,93	726,87	0,663
Usines secondaires	710	533,29	0,751	42,66	490,63	0,691
TOTAUX	1 805	1 323,29			1 217,50	

Dans l'usine centrale les dynamos étaient divisées en deux groupes : celui des machines à haute tension et celui des machines à basse tension. Au centre des secteurs se trouvait le tableau de distribution, divisé aussi en deux parties affectées, l'une à la haute, l'autre à la basse tension.

De ce tableau partaient les circuits de distribution, au nombre total de quarante-six pour l'éclairage et de quatre pour la distribution de la force.

Ces derniers circuits avaient été disposés suivant une circonférence de la coupole ; on y prenait tous les branchements d'alimentation des moteurs et ces branchements étaient supportés par des potaux jumelés formant portiques.

Deux des circuits, à deux fils, amenaient le courant continu à 110 volts ; le troisième circuit, à trois fils, distribuait les courants alternatifs triphasés ; le quatrième circuit affecté à la fois à la lumière et à la force motrice faisait le tour extérieur de la coupole et alimentait les installations extérieures au Palais.

Chaque exposant ayant besoin de force motrice avait reçu un moteur électrique correspondant à la puissance qui lui était nécessaire.

Ces moteurs étaient de trois sortes :

A courant continu de 110 volts;
A courants alternatifs monophasés;
A courants alternatifs triphasés.

Leur nombre était d'environ soixante-dix, représentant une puissance totale de 200 *ch* et se divisant en :

45 moteurs de 1 *ch* et au-dessous;
21 — de 1 à 10 *ch*;
4 — au-dessus de 10 *ch* dont deux de 25 *ch*.

Tous ces moteurs appartenaient à divers constructeurs.

Les Machines actionnées par la transmission d'énergie étaient des plus variées : machines à bois, à fabriquer la glace, à fabriquer le chocolat, le cacao, le savon, les dragées, presses rotatives, machines lithographiques, ventilateurs, pompes, machines à essayer les métaux, machines électriques, métiers de toutes sortes.

***

A l'Exposition d'Anvers, qui avait lieu en même temps que celle de Lyon, la plupart des machines-outils exposées dans la galerie des Machines recevaient leur mouvement de moteurs électriques. L'électricité qui servait à l'éclairage avait été exclusivement employée à transmettre le mouvement sur les différents points de cette galerie des Machines.

***

En résumé, les organisateurs de l'Exposition de Chicago en 1893 et ceux des Expositions de Lyon et d'Anvers, en 1894, avaient adopté le principe de la transmission de la force par l'électricité et avaient centralisé autant que possible la production de l'énergie mécanique et électrique pour faire partir de ce centre de production des conducteurs qui distribuaient le courant électrique partout où l'on devait l'utiliser sous forme de lumière ou de force.

A Chicago, on avait groupé les exposants de manière à les faire

concourir, dans les meilleures conditions possibles, au service général, l'administration de l'Exposition conservant la haute main sur cette organisation forcément compliquée, se chargeant elle-même des installations nécessaires pour arriver à assurer complètement le service public et privé.

A Lyon, au contraire, un entrepreneur général avait été chargé de toute l'organisation du service électrique d'éclairage et de transmission de force.

A Chicago, malgré la grande étendue de l'Exposition, on a employé exclusivement les courants continus, à tension maximum de 500 volts, tandis qu'à Lyon on a utilisé les courants continus et les courants alternatifs dans le but de montrer que ces derniers fournissaient une solution rationnelle et pratique du transport et de la distribution de l'énergie. A ce point de vue, cette Exposition a eu son utilité puisqu'elle a été l'occasion d'une importante manifestation de l'industrie électrique.

* * *

Il nous parait donc que, grâce à ces précédents et aux perfectionnements auxquels sont arrivés les dynamos génératrices et les moteurs, il est absolument rationnel d'avoir recours à l'électricité, en 1900, pour l'organisation complète d'un service qui comprendrait l'éclairage et la distribution de force aux exposants.

D'une manière générale on conçoit que ce double service comprendrait plusieurs usines centrales d'électricité qui seraient elles-mêmes des expositions de chaudières de machines à vapeur et de dynamos génératrices.

Les unes seraient consacrées à la production du courant continu, d'autres à celle des courants alternatifs.

De ces usines partiraient les conducteurs souterrains ou aériens qui distribueraient l'éclairage et la force partout où cela serait nécessaire.

Le public serait ainsi à même de se rendre un compte exact de la valeur relative des différents systèmes actuellement connus.

Nous avons admis, au début de cette étude, que, en 1900, l'énergie nécessaire aux appareils d'utilisation serait au moins de :

8 000 *ch* pour les moteurs;
12 000 *ch* pour l'éclairage.

Il est rationnel de supposer que le soir les usines auront à

alimenter l'éclairage total et le quart seulement des moteurs installés.

En adoptant le rapport 0,70 (chiffre trouvé pour les installations de Lyon) entre la puissance électrique absorbée par les appareils et la puissance mécanique nécessaire, celle-ci devrait être de :

8 000 : 0,70 = 11 400 *ch* pour la distribution de force au lieu de 5 500 *ch* exigés en 1889.

12 000 : 0,70 = 17 100 *ch* pour les circuits d'éclairage, au lieu des 4 000 *ch* nécessaires en 1889 pour éclairer le quart seulement de la surface de l'Exposition.

Soit au total 28 500 *ch* si les moteurs et les lampes fonctionnaient ensemble.

En pratique (si on n'emploie pas d'accumulateurs), les machines devront fournir :

Dans la journée aux moteurs . . . . . 11 400 *ch*

Dans la soirée de 7 heures à minuit :

Au quart des moteurs. . . . $\frac{11\,400}{4} = 2\,900$ *ch*

Aux lampes 17 100

} 20 000 *ch.*

Dans ce cas les usines devraient comprendre dans leur ensemble 40 unités par exemple de 500 *ch* dont la moitié seront arrêtées dans la journée, une machine restant exposée, au repos, à côté d'une autre en mouvement.

Avec l'adjonction d'accumulateurs on pourrait installer un nombre moindre d'unités qui alors fourniraient toute leur puissance du matin à la fermeture des portes, c'est-à-dire de 9 heures du matin à minuit environ. Alors les machines donneraient de 9 heures du matin à 7 heures du soir l'énergie nécessaire aux moteurs et à la charge des accumulateurs; le soir, de 7 heures à minuit, les machines et accumulateurs fourniraient les 20 000 *ch* indiqués plus haut.

Quand on fait le calcul des dépenses de premier établissement on trouve que dans les deux cas elles sont à peu près les mêmes; mais avec une légère différence en faveur de l'emploi des accumulateurs. Mais si les accumulateurs sont utiles dans une installation ne contenant qu'un petit nombre de moteurs parce qu'alors la puissance nécessaire est très irrégulière, ils seraient moins justifiés à l'Exposition qui comprendra un grand nombre de moteurs ne représentant chacun qu'une très faible partie de la puissance totale.

De plus la dépense de charbon sera inférieure en employant exclusivement des machines puisqu'elles devront fournir :

Pendant le jour :	11 400 *ch*	× 10 heures	= 114 000	chevaux-heure
Le soir :	20 000	× 5 —	= 100 000	—
		Total :	214 000	chevaux-heure

Tandis qu'avec les accumulateurs, elles devraient fournir 15 000 *ch* × 15 heures = 225 000 chevaux-heure.

Soit en plus 11 000 chevaux, soit 5 0/0 du chiffre calculé plus haut de 214 000 chevaux-heure.

Mais si les accumulateurs ne sont pas à conseiller pour la production de l'énergie à fournir au réseau général de distribution, ils seront précieux pour les exposants qui pourront en charger des batteries en les branchant sur le réseau général, comme les moteurs et les lampes. Ces batteries pourront ensuite être déchargées au gré de l'exposant qui se sera constitué de la sorte un réservoir d'électricité. Grâce à l'emploi de ces accumulateurs formant, pour ainsi dire, des sous-stations, on pourra faire sous les yeux des visiteurs des expériences du plus grand intérêt, lui montrer les divers emplois des accumulateurs, les opérations de charge, de décharge, de couplage, etc., et en même temps lui permettre de juger, pour chaque type d'éléments, des dimensions d'encombrement, du mode d'installation, etc.

Nous avons dit que les stations centrales d'électricité constitueraient des expositions fort intéressantes de chaudières, de machines à vapeur, de machines à gaz, etc.

Ces expositions offriraient d'autant plus d'intérêt qu'on pourrait comparer les conditions d'installation, de marche et de rendement des moteurs à vapeur des différents types et des machines à gaz de grande puissance que l'on commence maintenant à installer dans nombre d'usines depuis que la fabrication du gaz pauvre est devenue réellement pratique.

Il est évident que les moteurs à gaz pauvre permettent d'installer dans des conditions avantageuses des services d'éclairage et de transport de force par l'électricité, ainsi que l'on peut s'en convaincre en visitant l'usine d'engrais chimiques de M. Linet à Aubervilliers. Des moteurs à gaz pauvre de 90 *ch* chacun mettent en mouvement des dynamos génératrices à courant continu et ce courant est envoyé dans toute l'usine pour servir à l'éclairage

par arc, par incandescence et à la transmission de la force à l'aide de réceptrices de puissances variables.

Il nous paraîtrait également du plus grand intérêt de comprendre parmi la liste de ces usines motrices une station avec moteurs hydrauliques, puisque c'est surtout pour l'utilisation des forces naturelles que l'électricité offre des avantages considérables. Aussi avions-nous proposé dans une note adressée à M. le Commissaire général, il y a environ un an, de créer au barrage de Suresnes, qui se trouve à une distance moyenne de 10 *km* de l'Exposition, une usine hydraulique à l'aide de laquelle on amènerait par une ligne aérienne, au Champ-de-Mars, une puissance utilisable de près de 1 200 *ch.* En effet, le débit aux basses eaux serait de 60 *mc* par seconde sous une chute de 3 *m*, ce qui donne 60 000 *k* $\times$ 3 = 180 000 *kgm* ou 180 000 : 75 = 2 400 *ch.*

En comptant sur un rendement de 0,75 pour les turbines, de 0,80 pour les organes intermédiaires entre les turbines et les dynamos, de 0,90 pour les dynamos, et de 0,90 pour la ligne de transport, on aurait :

Rendement de l'usine :

$$0{,}75 \times 0{,}80 \times 0{,}90 = 0{,}54.$$

Puissance disponible aux bornes des dynamos :

$$2\,400 \times 0{,}54 = 1\,300 \text{ } ch.$$

Puissance utilisable à l'Exposition :

$$1\,300 \times 0{,}90 = 1\,170 \text{ } ch.$$

Rendement final :

$$\frac{1\,170}{2\,400} = 0{,}49.$$

Cette utilisation des eaux de la Seine n'est pas incompatible avec les besoins de la navigation et la dépense faite pour permettre aux visiteurs de 1900 de se rendre compte de la façon dont on peut utiliser les forces naturelles et les transporter à distance ne serait pas perdue, car toute cette installation servirait après l'Exposition à éclairer le bois de Boulogne qui en a grand besoin.

On pourrait objecter, il est vrai, que pendant certaines périodes, qui peuvent se prolonger plusieurs semaines, la puissance hydraulique serait absolument insuffisante, mais rien n'empêcherait d'installer une machine à vapeur ou à gaz pauvre de secours qui serait justement mise en action pendant ces périodes critiques.

On n'en utiliserait pas moins pendant une grande partie de l'année une force gratuite.

Enfin, si cette application paraissait hors de proportion avec les résultats à obtenir, nous persistons à croire qu'il serait intéressant d'installer une petite usine hydraulique pour servir d'exemple et de modèle aux visiteurs de l'Exposition.

***

Il ne nous reste plus maintenant qu'à examiner les moyens pratiques d'arriver à installer avec le moins de frais possible ce double service d'éclairage et de transmission de force par l'électricité.

En admettant la fourniture de 214 000 chevaux-heure pendant 180 jours on arrive à 38 520 000 chevaux-heure ; et en supposant qu'on ne paye que la fourniture du charbon, de l'eau et le graissage à raison de 0,10 *f* par cheval-heure, on arrive à une dépense de 3 852 000 *f*.

Or, dans son devis approximatif, annexé à son rapport du 21 mai 1895, M. le Commissaire général compte le service mécanique et électrique et de manutention pour une somme de 6 millions 900 000 *f*.

Il est présumable que les grandes maisons de construction de chaudières de machines et de dynamos s'entendront pour la création des stations centrales et constitueront ainsi leurs expositions. Elles pourront donc livrer à l'administration de l'Exposition de la puissance sous forme d'électricité à un tarif déterminé ; cette électricité prise aux usines productrices devrait, à notre sens, être distribuée par le service électrique auquel incomberait le soin de créer toute la canalisation.

Le même service livrerait aux exposants, suivant un tarif déterminé, l'électricité pour éclairage ; il pourrait même concéder l'entreprise de l'éclairage public et particulier à plusieurs entrepreneurs en lotissant l'Exposition. Dans ce cas, ces entrepreneurs achetant le courant à l'administration de l'Exposition se chargeraient de tous les branchements, de l'appareillage, etc. Ils rentreraient dans leurs débours, d'une part au moyen de la redevance qui leur serait due pour les lampes servant à l'éclairage général, d'autre part en faisant payer suivant un tarif déterminé, l'éclairage fourni aux exposants compris dans le lot dont ils seraient adjudicataires.

Le même système pourrait être appliqué à la force motrice ;

c'est-à-dire que des entrepreneurs fourniraient en location aux exposants les moteurs électriques dont ils auraient besoin et en feraient l'installation suivant un tarif déterminé ; l'administration fournissant le courant nécessaire à la marche de ces moteurs, puisqu'il est généralement admis que la puissance motrice est donnée gratuitement aux exposants.

En résumé, nous considérons comme pratiquement réalisable et comme une solution avantageuse :

1° La création par les exposants de stations centrales pour la fourniture du courant électrique à l'administration de l'Exposition, suivant un tarif déterminé ;

2° L'établissement, par les soins de l'administration, d'un réseau primaire de distribution dans toute l'Exposition ;

3° La vente, par l'administration, de l'électricité prise sur ce réseau primaire à des entrepreneurs chargés de distribuer cette électricité aux exposants pour les éclairer et d'entretenir les lampes utiles pour l'éclairage général du lot dont ils seraient concessionnaires ;

4° La location et l'installation par des entrepreneurs des moteurs nécessaires aux exposants ayant besoin de force motrice et la fourniture, par l'administration de l'Exposition, de l'électricité nécessaire à ces exposants pour le fonctionnement de leurs moteurs.

L'Exposition de 1900 consacrera ainsi les services immenses que l'électricité rend déjà à l'industrie et à ceux qu'elle est appelée à rendre encore grâce à la facilité avec laquelle elle se prête à toutes les transformations du travail. La science électrique industrielle, née en 1881, n'aura pas mis vingt ans pour entrer complètement dans le domaine de la pratique ; il n'est pas d'exemple de sciences dont les progrès aient été aussi rapides.

APPLICATION

DU

GÉNÉRATEUR SERPOLLET

A LA

TRACTION MÉCANIQUE DES TRAMWAYS

PAR

M. G. LESOURD

Lorsque j'ai eu l'honneur, il y a quelques années, de présenter pour la première fois, à la Société des Ingénieurs Civils de France, le générateur Serpollet alors à son début, M. le Président avait bien voulu me demander de tenir la Société au courant des modifications et applications intéressantes auxquelles pourrait donner lieu cette invention. Comme tant d'autres, elle a mis à se développer un temps beaucoup plus long que ne l'aurait fait préjuger l'intérêt général avec lequel elle avait été accueillie, et c'est seulement aujourd'hui que je crois pouvoir me permettre d'y revenir à nouveau.

Je ne m'occuperai exclusivement que de l'application du générateur Serpollet à la traction mécanique des tramways.

Je dois d'abord indiquer en quelques mots les changements qui ont été apportés depuis l'époque de ma première communication dans la fabrication et la forme des tubes, qui sont, comme on le sait, l'élément essentiel de la chaudière.

Primitivement, les tubes Serpollet étaient formés uniquement par le laminage d'un tube cylindrique ordinaire; ces tubes étaient employés soit droits, soit contournés en spirale, noyés ou non dans la fonte, suivant les cas. L'espace réservé au milieu pour le passage de l'eau et de la vapeur était pour ainsi dire capillaire et ne dépassait pas 1 à 2 dixièmes de millimètre.

On s'aperçut, par la suite, que ces tubes présentaient divers inconvénients, principalement au point de vue des déformations dues à l'action de la chaleur, surtout lorsqu'ils étaient employés

en barres droites. De plus, l'espace intérieur, qui suffisait lorsqu'il s'agissait de générateurs de très faible puissance, comme ceux qu'on construisait alors, cessa d'être pratique lorsqu'on s'attaqua à des forces plus élevées, autant par une insuffisance absolue de débit, que par suite de la perte de charge entre l'injection d'eau et le cylindre, qui était le résultat immédiat des frottements que le fluide avait à vaincre en passant dans un espace d'aussi faible section.

On fut donc amené à modifier successivement la forme des tubes, et ce n'est que depuis un an et demi environ qu'on s'est arrêté à celle qui paraît définitive et qui semble supprimer tous les inconvénients signalés plus haut.

Les tubes cylindriques en acier, qui servent toujours de point de départ, au lieu d'être laminés *(fig. 44, Pl. 146)* sont étampés de façon à présenter en section transversale la forme d'un U *(fig. 45, Pl. 146)*.

On réserve sur le tube ainsi étampé une partie médiane étirée qu'on replie sur elle-même et on ménage deux filetages aux extrémités. Cet ensemble constitue ce qu'on est convenu d'appeler un élément de chaudière Serpollet *(fig. 46, Pl. 146)*.

Quant à l'espace intérieur dans lequel circulent l'eau et la vapeur, il est variable depuis 1 *mm* jusqu'à 3 *mm* environ, suivant la position qu'occupent les batteries de tubes dans l'ensemble de la chaudière, les espaces les plus grands étant naturellement réservés aux tubes les plus éloignés de l'injection d'eau, de façon que la perte de charge due aux frottements aille en diminuant au fur et à mesure de la vaporisation de l'eau et de la surchauffe de la vapeur, et que l'espace réservé à cette dernière devienne, au contraire, de plus en plus grand.

Il est facile de voir que la forme des tubes en question présente le maximum de résistance possible aux déformations aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Ces quelques remarques étant faites sur les modifications apportées aux tubes, nous nous occuperons maintenant de l'application de ces tubes à la confection des générateurs de tramways.

Les générateurs de tramways, dont il existe jusqu'à présent trois grandeurs, sont formés d'une première batterie de tubes horizontaux suivie d'une deuxième batterie de tubes verticaux. La première rangée, qui supporte toute l'action du feu et dans laquelle se fait l'injection d'eau, est formée de tubes concentriques, tous les autres étant des éléments en forme d'U.

La jonction des éléments entre eux est faite au moyen de coudes fixés par deux écrous qui sont maintenus toujours hors de l'action du feu, de sorte que le remplacement éventuel d'un élément se fait avec la plus grande simplicité. Cet ensemble est placé dans une enveloppe de tôle garnie de produits réfractaires convenablement disposés. Les figures 40, 41, 42 et 43, planche 146, montrent l'ensemble d'un semblable générateur.

Le tirage est activé au moyen de l'échappement du moteur qui aboutit dans la cheminée.

Cette cheminée est elle-même enveloppée d'une fausse cheminée concentrique qui aspire continuellement la masse d'air circulant dans la double enveloppe et diminue ainsi le rayonnement. On aspire en outre d'une façon continue les vapeurs huileuses qui se dégagent du mécanisme, lequel est à cet effet complètement enfermé dans une enveloppe de tôle.

Ce mélange de gaz chauds d'origines diverses aboutit dans une espèce de manche à vent aplatie qui règne sur tout le toit du tramway et débouche à l'arrière afin d'éviter aux voyageurs de l'impériale les coups d'air chaud désagréables.

Ces divers perfectionnements, joints à une modification du presse-étoupes des cylindres qui laissaient passer des produits huileux, n'ont encore été appliqués qu'à quelques véhicules et semblent remédier entièrement aux critiques, d'ailleurs fondées, qui avaient été faites à ce sujet.

Le générateur du type n° 1 est employé pour des voitures légères d'une vingtaine de places; le n° 2 pour des voitures de 48 à 50 places; et le n° 3 pour les mêmes voitures dans le cas de tracés difficiles ou de prévision de remorque.

La première application du générateur Serpollet qui ait été faite aux tramways date du mois de décembre 1893. Elle fut effectuée d'accord avec la Compagnie des tramways de Paris et du département de la Seine sur une des anciennes voitures à chevaux de cette Compagnie, qu'on transforma en utilisant la plate-forme avant pour y placer la chaudière et les appareils de manœuvre et pour supporter les appareils moteurs.

Le générateur de cette voiture se rapprochait du type n° 1 avec tubes horizontaux seulement. Les figures 14 et 15, planche 145, montrent l'ensemble de la voiture ainsi transformée.

L'appareil moteur était composé de deux cylindres de 150×150 actionnant un arbre moteur relié au premier essieu par deux

chaines de Galles. On pouvait à volonté rendre l'essieu d'arrière solidaire de l'essieu d'avant à l'aide d'une troisième chaine.

La réserve d'eau était placée sous les banquettes.

La voiture primitive vide pesait 3 500 *kg*. Tous les appareils ajoutés y compris réserve d'eau et charbon, environ 1 500 *kg*. De sorte que la voiture pleine pesait environ 7 800 *kg* en y ajoutant 40 voyageurs.

C'est dans ces conditions que les premiers essais eurent lieu sur la ligne de Porte-Maillot à Saint-Denis, d'abord sans remorque, puis avec remorque d'une voiture pesant en charge 6,300 *t*. Cet ensemble de 14 *t* était donc entraîné par un appareil générateur et moteur de 1 500 *kg* seulement, soit du dixième environ du poids total.

On gravissait ainsi facilement des rampes de 34 *mm* avec une vitesse de 25 *km* à l'heure et on satisfaisait à toutes les difficultés de démarrage et de variations d'efforts.

L'emploi du coke lavé supprimait toute fumée ; quant à la vapeur d'échappement, on sait qu'elle est surchauffée à la sortie des cylindres et rendue par conséquent complètement invisible.

Ce premier essai, fait, comme on l'a vu, dans des conditions peu propices, permit toutefois de constater avec quelle facilité le générateur Serpollet, grâce à son extrême élasticité, se prêtait aux difficultés multiples qu'on rencontre dans le problème de la traction mécanique des tramways, et de le classer, au point de vue économique, parmi les systèmes les moins coûteux. La quantité de coke lavé utilisée dans ces premiers essais n'avait pas en effet dépassé en moyenne 2,3 *kg* par voiture-kilomètre sans remorque et 2,7 *kg* par voiture-kilomètre avec voiture de remorque. Aujourd'hui, cette même voiture améliorée dépense 100 *kg* de coke par 80 *km*, soit 1,25 *kg* par kilomètre.

Une application analogue de générateur n° 1 est également en fonctionnement sur un tramway de 20 places circulant à Saint-Étienne sur une petite ligne de 600 *m* de la Compagnie Française des Voies ferrées économiques. Cette ligne a une pente constante de 37 *mm*. La dépense de coke a été également en moyenne de 2 *kg* à 2,2 *kg*. Cette voiture est représentée par les figures 16 à 18, planche 145.

Ces résultats conduisirent rapidement à une série d'applications variées, dont nous allons très rapidement passer en revue les plus intéressantes avec chiffres à l'appui.

La première application du générateur N° 2 fut faite à une série

de 9 voitures circulant actuellement sur la ligne de Madeleine-Gennevilliers sur le réseau des Tramways de Paris et du département de la Seine et construites par les Établissements Cail pour le châssis, la maison Garnier pour la mécanique, et la Carrosserie Industrielle pour la caisse.

Ce générateur est composé de neuf éléments horizontaux, dont trois concentriques, et de quinze éléments verticaux.

La longueur totale développée des tubes est de 25 *m*. La surface de chauffe ou surface externe des tubes soumise au feu, de 5,66 m^2; et la surface de grille de 28,35 dm^2.

L'appareil moteur est composé de deux cylindres de 16 *cm* d'alésage et de 15 *cm* de course correspondant à une surface de 201 cm^2 et à un volume de 3 litres.

La pompe d'alimentation a une course de 40 *mm* et un diamètre de 50 *mm* correspondant à une surface de 20 cm^2 et à un volume de 80 cm^3.

Le rapport entre le volume engendré par la pompe et celui engendré par les deux cylindres est donc de 80 à 6 000 soit 1/75.

La faiblesse de ce rapport explique comment les variations de pressions dues aux variations de profil peuvent s'obtenir d'elles-mêmes et sans le secours de la pompe à main, l'augmentation de travail demandée à la pompe étant infime par rapport à l'augmentation correspondante de travail produite sur les cylindres.

C'est un des côtés les plus intéressants du système, dont la puissance s'équilibre instant par instant avec les variations de résistance qui se produisent.

Ces voitures pèsent à vide 8,5 *t* et en charge 12 *t*.

Elles peuvent remonter à 20 *km* à l'heure les rampes de la rue de Rome, de la rue de Saint-Pétersbourg; et en sens inverse celle de l'avenue de Clichy qui varient de 30 *mm* à 45 *mm*.

Dans les plus fortes rampes, la pression de marche est de 6 *kg*. Elle atteint 9 à 10 *kg* dans les démarrages et peut monter jusqu'à 20 *kg* dans les cas exceptionnels. En palier, la pression de marche est de 1,5 à 2 *kg*.

Les arrêts intempestifs assez fréquents qui ont eu lieu dans les premiers mois de la mise en service et qui diminuent de jour en jour, sont dus, sans exception, à une conduite défectueuse du feu. Il ne faut pas oublier en effet que par son principe même la chaudière Serpollet a besoin d'être toujours maintenue à une température telle que sous l'effort le plus considérable nécessaire, les tubes ne puissent pas arriver à se refroidir par suite de l'in-

tensité de la vaporisation de l'eau. C'est précisément ce qui arrive à des mécaniciens peu familiarisés avec le système lorsqu'ils attaquent une pente de longue haleine telle que celle de la rue de Saint-Pétersbourg ou de l'avenue de Clichy, sans avoir vérifié auparavant l'état de leur foyer.

De plus, ces voitures primitivement destinées à la ligne de Madeleine-Asnières, ont un moteur et un générateur un peu faibles pour le travail relativement considérable qui leur est demandé.

Une nouvelle série de onze, actuellement en construction, aura des générateurs n° 3 et sera mise en service au lieu et place des voitures actuelles qui seront placées sur une autre ligne.

Ces voitures sont même prévues pour faire de la remorque. Elles sont représentées par les figures 11 à 13 *(Pl. 145)*.

Nous passerons maintenant à l'application du générateur n° 3, à une voiture de 50 places de la Compagnie des Omnibus qui a fait successivement le service Bastille-Clignancourt, Louvre-Versailles, et vient de donner lieu à des essais sur la ligne de Charenton-Place de la République.

Le générateur actuel, qui a été renforcé en vue de monter la rampe de Versailles et de faire de la remorque, est composé de neuf éléments horizontaux, dont trois cylindriques et de vingt éléments verticaux.

La surface de chauffe est de $8{,}18\,m^2$ celle de grille de $41\,dm^2$.

Ces surfaces de grille et de chauffe, beaucoup plus considérables que celles du type n° 2, permettent de réaliser la combustion lente qui présente de grands avantages, principalement au point de vue de la température moins élevée du foyer. Il en résulte une utilisation plus rationnelle du combustible, une économie d'entretien et une suppression assurée des refroidissements pouvant donner lieu à des arrêts intempestifs.

L'augmentation de poids du générateur est peu sensible par suite de l'emploi possible dans ces conditions de tubes beaucoup plus minces.

Les cylindres sont les mêmes que ceux de Gennevilliers, mais la machine au lieu d'être entre les deux essieux est sous la plateforme. Sa jonction avec l'essieu d'avant et celle des deux essieux se fait toujours par chaînes.

Voici les résultats d'essais qui viennent d'être faits sur cette voiture avec remorque sur la ligne de Charenton et dans les conditions suivantes :

La ligne a 7,5 *km*. Elle est presque en palier, sauf une rampe de 37 *mm* sur 200 *m*.

La voiture automobile était chargée à 13 *t*; celle de remorque à 8,5 *t*. Il y avait, en plus, réparties sur les deux voitures, seize personnes, soit en tout 22,600 *t*.

La quantité de coke lavé dépensée a été de 20 *kg* pour le parcours, soit une moyenne de 2,70 *kg*. L'eau vaporisée a été de 100 *l*.

Toutefois, ce générateur dans des conditions plus difficiles peut facilement faire constamment 20 à 25 *ch* et vaporiser 200 à 250 *l* à l'heure. La voiture qui en est munie peut monter à 20 *km* à l'heure des pentes de 60 *mm*.

Il est caractérisé par ce fait que les tubes y sont divisés en deux batteries distinctes alimentées séparément et successivement par une pompe de compression à double effet de 50 *mm* de diamètre et de 60 *mm* de course.

A côté de ces applications principales, on peut citer parmi les plus intéressantes :

Les voitures pour Beyrouth-Damas, à seize places et un compartiment pour la poste *(fig. 37 à 39, Pl. 146)*;

Les voitures destinées au tramway funiculaire du Havre *(fig. 4 à 6, Pl. 145)*, qui vient d'être inauguré récemment.

Les voitures destinées à la Compagnie générale Française de Tramways pour son réseau de Tours *(fig. 7 et 8, Pl. 145)*, sorties des ateliers Desouches-David.

Une voiture automobile, du type Rowan, destinée aux chemins de fer de Thessalie, avec bogie porteur à l'avant, contenant le mécanisme et le générateur, sortie des ateliers de MM. Weidknecht, et Desouches David et Cie *(fig. 35, Pl. 146,)*.

A signaler également *(fig. 32 à 34, Pl. 146)* une voiture pouvant être dirigée des deux plates-formes avec générateur au milieu.

Et comme application plus particulière et ouvrant un horizon tout nouveau dans l'exploitation des grandes lignes :

Une voiture de dix places, pour le transport des voyageurs et pour le service des dépêches, construite pour la Compagnie du chemin de fer du Nord, pour faire spécialement le service de la poste et des voyageurs, sur des lignes peu fréquentées, au lieu et place des trains coûteux qu'on est obligé d'y faire circuler actuellement *(fig. 19 à 22, Pl. 145)*.

Dans le même ordre d'idées, la voiture représentée par les figures 27 et 28 *(Pl. 145)* et la transformation d'un fourgon à bagage de la Société générale des Chemins de fer économiques (ligne de Saint-Valéry sur Somme).

Quel que soit le type de générateur adopté, un des côtés les plus intéressants, en outre de la sécurité obsolue qu'il offre, de l'application du générateur Serpollet aux Tramways, est la simplicité des appareils de manœuvre indiqués dans un croquis schématique *(fig. 47, Pl. 146)*.

Aussitôt que la pompe de mise en marche P', manœuvrée à la main, a injecté dans la chaudière T l'eau nécessaire à la production de vapeur destinée à la mise en marche, l'injection d'eau se continue automatiquement par la pompe P d'alimentation actionnée par une manivelle.

Cette eau est toujours injectée en quantité supérieure à celle nécessaire même pour la production de vapeur la plus forte qui puisse être demandée au générateur.

Les changements de vitesse se produisent à l'aide de ce qu'on appelle le *pointeau régulateur* R, qui est une simple soupape à pointeau manœuvrable à la main et placée sur le trajet de l'eau refoulée par la pompe de compression au générateur. Cette soupape communique d'un autre côté avec la bâche d'alimentation A. Il s'ensuit que lorsqu'elle est complètement fermée, l'eau passe au générateur avec la pleine pression de l'injection et qu'on a par conséquent le maximum de vaporisation et de pression : c'est le cas du démarrage ou de la montée des très fortes rampes.

Dès qu'on soulève, au contraire, plus ou moins le pointeau, une partie plus ou moins grande de l'eau trouvant un libre écoulement vers la bâche y retourne et il ne va au générateur que la quantité nécessaire au travail demandé avec la pression correspondante.

Il s'ensuit donc que, par la simple manœuvre de ce pointeau, le mécanicien règle sa marche à volonté suivant les conditions dans lesquelles il se trouve.

S'il veut produire un arrêt brusque, il n'a qu'à ouvrir en grand le pointeau qui immédiatement donne passage vers la bâche d'alimentation, non seulement à l'eau refoulée, mais encore à l'eau et à la vapeur contenues dans la chaudière, en telle sorte qu'instantanément la pression devient nulle sur les pistons.

Cette manœuvre, accompagnée de la manœuvre convenable des freins, donne un arrêt aussi rapide que possible.

Enfin, le seul appareil de sûreté qui ait été exigé sur la voiture, est une soupape S calée généralement à 20 *kg* et placée sur le refoulement de l'eau. Dès que la pression atteint cette limite, la soupape se soulève et laisse passer une partie de l'eau qui fait retour à la bâche, d'où un abaissement immédiat de la pression.

Nous n'avons plus qu'à dire deux mots sur la question de durée des tubes qui a été l'objet de longues controverses.

Des expériences précédentes, il résulte que les tubes Serpollet appliqués à un tramway *ne s'obstruent jamais* et ne nécessitent pas de nettoyages comme ceux appliqués à des chaudières fixes. Cela tient uniquement aux chasses continuelles qui se produisent dans un sens ou dans l'autre lors des modifications de vitesse, des mises en marche et des arrêts.

Quant à la détérioration des tubes par le feu, la première rangée seule peut y être exposée. Toutefois, si l'incident s'est produit deux ou trois fois, il est dû uniquement à la faute du mécanicien qui, pendant les arrêts prolongés aux terminus, oublie de fermer son tirage et envoie au départ la pleine pression de démarrage dans des tubes chauffés à blanc. Quelques avertissements bien sentis ont amené un remède radical à cet état de choses.

En résumé, l'application du générateur Serpollet aux tramways est caractérisée par une sécurité absolue, absence complète de fumée et de vapeur d'échappement, grande facilité de conduite, simplicité d'entretien et consommation faible de combustible, conduisant à un prix de traction peu élevé pouvant lutter même avec la traction électrique par câble.

L'entretien du moteur n'est pas plus élevé que celui d'un moteur appliqué à tout autre système. Nous croyons qu'en l'évaluant à 0,03 *f*, ce qui fait pour 300 jours de travail, à 100 *km* par jour, 900 *f*, on sera encore au-dessus de la vérité, surtout si on prend la moyenne d'une exploitation courante.

Au sujet de l'entretien du générateur, nous estimons que le chiffre de 0,03 *f* par voiture-kilomètre est un maximum qu'on n'atteindra jamais.

Enfin, le graissage total ne dépasse pas 0,01 *f*, y compris celui des chaînes.

Il en résulte qu'en comptant 2,5 *kg* à 40 *f* les 100 *kg*, quantité au-dessous de laquelle on descendra certainement, y com-

pris allumage, on arrive, par kilomètre-voiture, à la décomposition suivante :

Coke	0,10 *f*
Graissage	0,01 *f*
Entretien du générateur.	0,03 *f*
Entretien du moteur.	0,03 *f*
Soit au total	0,17 *f*

par voiture-kilomètre, sur lesquels on gagnera certainement en pratique 0,01 ou 0,02 *f* sur le coke et peut-être autant sur l'entretien du générateur et du moteur.

En ajoutant à cela le personnel, qui peut être évalué normalement à deux mécaniciens et à deux conducteurs par trois voitures, on peut se faire une idée du prix par kilomètre-voiture de la traction par le générateur Serpollet. En cas de remorque d'une voiture on doit ajouter 50 0/0 de combustible en plus.

Étant donnés les progrès considérables que font chaque jour les applications nouvelles de la traction mécanique aux tramways, nous avons cru qu'il pouvait être intéressant de donner ces quelques renseignement et chiffres sur un système qui semble devoir tenir honorablement sa place parmi les meilleurs.

Ils permettront à ceux que la question intéresse plus particulièrement d'établir avec des données similaires des points de comparaison d'après lesquels ils pourront faire le choix le plus judicieux qui convienne dans les divers cas.

MÉMOIRE

SUR LES

POUTRES A TREILLIS

REPOSANT SUR DEUX APPUIS

Nouveaux procédés de détermination des efforts
Nouvelle solution du problème des charges roulantes
Généralisation à toutes les poutres et fermes

PAR

M. E. MONET

Dans un mémoire inséré dans les *Bulletins de la Société des Ingénieurs Civils de France* (février 1895), nous avons développé une étude complète sur la *poutre droite à treillis*, reposant librement sur deux appuis et *chargée symétriquement;* et nous avons vu que, par l'emploi de tableaux ou barèmes, on pouvait déterminer immédiatement, *sans calcul* et *sans épure*, les efforts qui se développent dans les différentes barres de cette poutre.

L'étude que nous présentons actuellement a pour but d'exposer, pour le *cas général*, des méthodes également simples.

Ce mémoire est divisé en trois parties :

Dans la première, nous montrons que les épures, déterminant les efforts développés dans les éléments d'une poutre droite à treillis par des *charges fixes* peuvent se réduire à une simple ligne verticale, que nous avons appelée *ligne fondamentale* et qui, ne servant que de guide, peut se tracer à la main sans le secours de la règle. Nous indiquons ensuite comment, en interprétant certaines propriétés de la ligne fondamentale, on est conduit à l'établissement d'*un tableau ou barème* qui donne les résultats au moyen de calculs les plus élémentaires.

La deuxième partie est consacrée à l'étude d'une surface que nous avons appelée *surface représentative* et qui conduit à une

solution du problème avec le même degré de simplicité que la ligne fondamentale et le barème.

Elle nous a amené aussi à une solution nouvelle et très simple du problème des *charges roulantes*, que nous traitons dans toute sa généralité.

La troisième partie a rapport à la *généralisation* de la méthode développée dans les chapitres précédents et montre qu'elle s'applique à toute espèce de poutres, *treillis ou âme pleine*, reposant sur *deux appuis* et supportant des *charges fixes* ou *mobiles*.

PREMIÈRE PARTIE

NOUVEAUX PROCÉDÉS DE DÉTERMINATION DES EFFORTS DÉVELOPPÉS DANS LES BARRES SOUS L'ACTION DE CHARGES EXTÉRIEURES

I

Les poutres à treillis multiples se composent, comme on sait, par la juxtaposition des poutres simples.

Il suffira donc d'étudier ces dernières, dont les différents types sont : poutres en N, en N *renversée*, *Pratt*, *Howe*, *Warren*.

Quand une poutre AA′, BB′ *(fig. 1)* chargée d'une façon quelconque est renversée, et devient $B_1B'_1$, A'_1A_1, c'est-à-dire quand elle a tourné autour de BB′, de façon que la membrure supérieure devienne la membrure inférieure et réciproquement, les efforts qui se développent dans les différentes barres *se conservent* en *valeur absolue*, mais *changent de signe*. Les tensions deviennent des compressions, les compressions des tensions. Cette remarque, facile à justifier, permet de ramener l'une quelconque des poutres simples à la poutre en N. Ainsi, la première partie AM

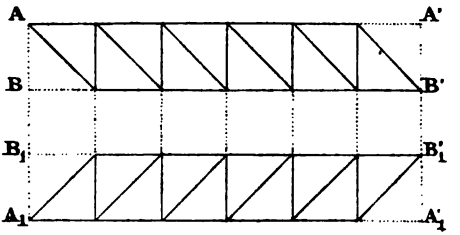


Fig. 1.

de la poutre *Pratt (fig. 2)*, n'est autre chose qu'une demi-poutre en N, et la seconde partie MA′ peut être considérée comme le renversement de la seconde moitié M_1A_1', de cette même poutre en N. On verrait de même qu'une poutre *Howe*, est formée d'une demi-poutre N *renversée*, suivie d'une demi-poutre en N.

A propos de la poutre *Warren*, nous verrons, dans une remarque spéciale, comment on la rattache à la poutre en N.

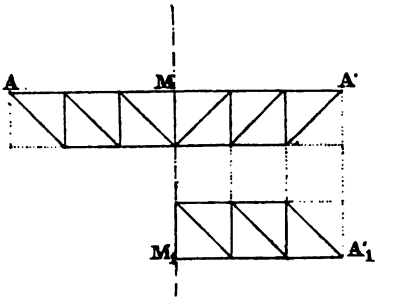


Fig. 2.

Notations. — Soit *(fig. 3)* une poutre de n panneaux, limités aux nœuds 0, 1, 2, 3 ... $(n-1)$, n. Les nœuds extrêmes 0 et n correspondent aux points d'appui A et A′.

Les nœuds sont chargés de poids distincts, P_1, P_2, P_3 ... P_{n-1}.

Un panneau quelconque de rang k, comporte :

La bride supérieure de rang k.	S_k
— inférieure —	I_k
La contrefiche de —	C_k
Le montant vertical ou poinçon.	V_k
— de rang $(k-1)$	V_{k-1}.

Les lettres S, I, C, V, étant les initiales de :

Supérieure (bride), *Inférieure* (bride), *Contre-fiche*, *Vertical* (montant) sont faciles à retenir. L'indice k désigne le rang que ces barres occupent dans la poutre.

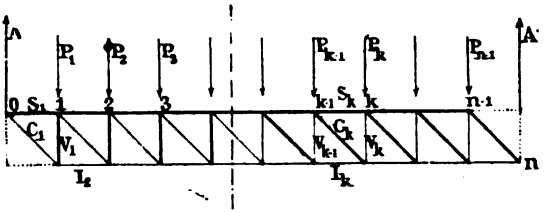


Fig. 3.

Les notations S_k, I_k, C_k, V_k, désigneront indistinctement *les barres*, ou les *efforts qui se produisent dans ces barres*, sous l'action des forces P.

On sait, du reste, que pour les poutres que nous étudions, la membrure supérieure S est toujours *comprimée*, la membrure inférieure I toujours *tendue*.

On remarquera que les panneaux extrêmes, 1 et n, sont incomplets : que I_1, V_0 et S_n, V_n n'existent pas.

Dans tout ce que nous allons dire, nous supposerons les diagonales ou contre-fiches inclinées à 45°, c'est-à-dire que les panneaux sont carrés. Nous indiquerons comment on doit modifier les résultats dans le cas où l'inclinaison de ces barres est à $\alpha \gtrless 45°$.

II

Épure Crémona. Simplification de l'épure. Triangles fondamentaux. Expression de S_k.

Soit *(fig. 3)*, une poutre de dix panneaux chargée des poids distincts $P_1, P_2, \ldots, P_9$, dont on a à déterminer les efforts au moyen de l'épure *Cremona*, dite aussi *des figures réciproques*.

Après avoir porté successivement $P_1, P_2, P_3, \ldots P_9$, sur $AA' = \Sigma P$, on place le point G, tel que GA' et GA, soient *les réactions* aux points d'appui.

Par les points A ou 1, 2, ... 9, 10 ou A', on trace les *lignes principales* sur lesquelles se trouveront (règle connue) les vecteurs ; des efforts qui se développent dans la membrure supérieure, et pour éviter toute confusion, on inscrira au droit de chaque horizontale les lettres $S_1, S_2, \ldots S_9, S_{10}$.

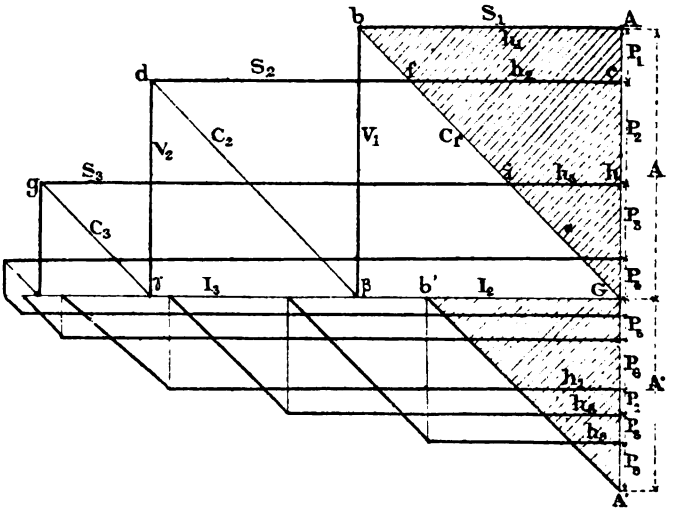


Fig. 4.

Sur la ligne principale GI se trouveront tous les efforts, I_1, I_2, I_3,... I_{10}.

En menant les *lignes secondaires* (obliques et verticales), on achèvera l'épure représentée figure 4.

Cette épure nous permet de faire plusieurs remarques qui nous serviront dans la suite.

Première remarque. — $I_k = S_{k-1}$.

On voit d'abord que I_1 n'existe pas,

que $I_2 = G\beta = Ab = S_1$

de même $I_3 = S_2$

en général $I_k = S_{k-1}$ (*à retenir*).

Deuxième remarque. — L'effort subi par un montant vertical n'est autre chose que la somme des projections des forces situées à sa gauche; autrement dit $V_k =$ *Effort tranchant*.

Troisième remarque. — $C_k = V_k\sqrt{2}$.

Un triangle quelconque $\beta d\gamma$ donne :

$$d\beta = d\gamma\sqrt{2}$$

ou $C_2 = V_2\sqrt{2}$

en général $C_k = V_k\sqrt{2}$.

Quatrième remarque. — S_k.

Simplification de l'épure. Triangles fondamentaux.

$$S_1 = Ab$$

$$S_2 = cd$$

or $$cd = cf + (fd) = cf + (G\beta) = cf + (Ab) = cf + (S_1)$$

$$S_2 = S_1 + cf.$$

On verrait de même que :

$$S_3 = S_2 + hi = S_1 + cf + hi$$

Appelons $h_1, h_2, h_3 \ldots h_k \ldots$ les ordonnées Ab, cf, hi ... du triangle fondamental GAb, nous aurons :

$$S_1 = h_1$$

$$S_2 = h_1 + h_2$$

$$S_3 = h_1 + h_2 + h_3$$

$$S_k = h_1 + h_2 + h_3 \ldots + h_k.$$

On doit, en outre, remarquer que :

$$GA = V_1$$
$$Gc = V_2$$
$$\cdots\cdots$$

et que :

$$Gb = C_1$$
$$Gf = C_2$$
$$Gi = C_3$$

On en conclut que les triangles GA*b*, GA'*b'* donnent toutes les indications de l'épure complète, à laquelle on peut les substituer.

Si on a *affaire à une barre dont le vecteur soit au-dessus de* G, *c'est du premier triangle* GAb *dont il faut se servir : si la barre a son vecteur au-dessous, c'est le second* GA'b' *qu'il faut employer*. Ainsi :

$$S_7 = (h_{10} = 0) + h_9 + h_8 + h_7.$$

On peut encore simplifier la construction et ne tracer que la diagonale *b*G*b''* *(fig. 5)* en appliquant, pour une bride quelconque, l'expression :

$$S_k = \Sigma_1^k . h,$$

mais en ayant soin de *regarder comme positives les ordonnées situées dans le triangle supérieur* GA*b*, *et comme négatives, les ordonnées du second triangle inférieur* GA'*b''*.

Ainsi : $S_7 = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) - (h'_5 + h'_6 + h'_7)$.

Ceci provient de ce que si, au point G correspondait un nœud, on pourrait calculer l'effort S_G, soit au moyen de GA*b'* :

$$S_G = \Sigma h \text{ } \textit{au-dessus de} \text{ G},$$

soit au moyen du triangle GA'*b* :

$$S_G = \Sigma h \text{ } \textit{au-dessous de} \text{ G}$$

et, par suite, on a :

$$\Sigma h \text{ } \textit{au-dessus de} \text{ G} = \Sigma h \text{ } \textit{au-dessous de} \text{ G}.$$

Mais l'effort de la bride G diffère de celui de la bride n° 5, de la quantité $b'\beta$:

$$S_5 = S_G - b'\beta.$$

Or : $b'\beta = mn = h'_5$

donc : $S_5 = \Sigma h - h'_5$.

ou en généralisant, avec la convention des signes et l'emploi des deux triangles GA*b*, GA'*b''*.

$$S_k = \Sigma h.$$

Avec cette nouvelle notation, on retrouve :

$$S_{10} = \Sigma h - \Sigma h' = 0.$$

Des Signes. — Les triangles fondamentaux *(fig. 5)* donnent les mêmes indications de signes que l'épure complète : ainsi au-

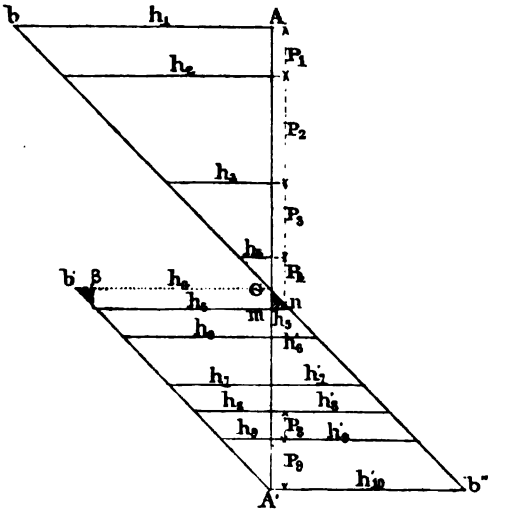


Fig. 5.

dessus de G, les diagonales ont toutes mêmes signes, au-dessous, ce signe change.

De même pour les montants verticaux.

Expression analytique de S_k.

Pour établir l'épure *Cremona*, par suite les triangles fondamentaux *(fig. 4 et 5)*, on a porté à la suite des unes des autres les forces $P_1, P_2, \ldots P_{n-1}$ dont est chargée la poutre, et on a considéré les segments

$$A = GA \text{ } \textit{réaction en A de ces forces,}$$
$$A' = GA' \text{ } \textit{réaction en A' de ces forces.}$$

Les valeurs de ces segments sont, du reste, données par :

$$A = \Sigma P_m \left(1 - \frac{m}{n}\right),$$

$$A' = \Sigma P_m \times \frac{m}{n}, \text{ ou encore } A' = \Sigma P - A.$$

P_m étant la force appliquée au nœud de rang m, et n le nombre de nœuds ou de panneaux que contient la poutre considérée.

En se reportant à la figure 5, on voit que :

$$h_1 = A$$
$$h_2 = A - P_1$$
$$h_3 = A - P_1 - P_2$$
$$\dots\dots\dots\dots$$
$$h_k = A - P_1 - P_2 - \dots - P_{k-1}$$

additionnant membre à membre

(1) $S_k = \Sigma_1^k = kA - (k-1)P_1 - (k-2)P_2 - \dots - 2P_{k-2} - P_{k-1}$

formule que nous allons transformer.

Convention. — Avant de transformer et d'étudier cette expression de S_k, nous ferons une convention qui simplifiera l'écriture et le langage. Nous rencontrerons souvent dans la suite une sommation de termes de la forme $\Sigma m\, P_m$, dans laquelle m désigne le nœud, ou le rang, où est appliquée la force P. *Nous dirons que* mP_m *est le moment de la force par rapport à l'origine.* Rigoureusement le bras de levier de P_m est $m < h$, et non m (qui est un nombre), mais qui indique bien la position de P. Cette écriture *conventionnelle* de $mP_m = m_A^t P$ n'altère en rien la valeur du raisonnement.

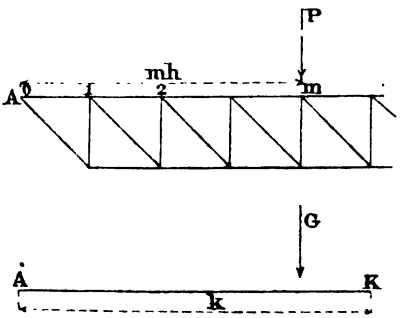


Fig. 6 et 7.

Formule fondamentale.

Désignons par G le groupe des forces $P_1 \dots P_{k-1}$ qui se trouvent *à gauche* du nœud k et par D les forces $P_{k+1} \dots P_{n-1}$ restant à droite.

La suite des termes :

$$1P_{k-1} + 2P_{k-2} + 3P_{k-3} + \dots + (k-1)P_1$$

qui constitue la série des termes en P de l'expression (1), est égale, en adoptant la convention, à

$$\Sigma m_k^t . G,$$

et l'équation (1) devient :

(2) $$S_k = kA - \Sigma m_k^t G.$$

Mais on peut changer le centre des moments et prendre pour origine A au lieu de k, grâce à la relation connue :

$$m_A^t G = k\Sigma G - m_k^t G.$$

En substituant $m'_k G$, tirée de cette dernière relation, l'équation (2) devient :

(2 *bis*) $$S_k = kA + m'_A G - k\Sigma G$$

Calculons $A = \Sigma P_m \left(1 - \frac{m}{n}\right)$. En faisant successivement m égal à 1, 2, 3 ... $(n-1)$ et groupant les termes, on a :

$$A = P_1 + P_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots P_{n-1}$$
$$-\frac{1}{n}\left[P_1 + 2P_2 + 3P_3 + \ldots (n-1) P_{n-1}\right]$$

D'autre part :

$$m'_A G = P_1 + 2P_2 + 3P_3 + \ldots + (k+1) P_{k-1}$$
$$k\Sigma G = k\,(P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots\ldots + P_{k-1})$$

remplaçant A, $m'_A G$, $k\Sigma G$, par leur valeur dans l'équation (2 *bis*), simplifiant ; on arrive à la formule :

(3) $$S_k = \begin{cases} P_1 + 2P_2 + 3P_3 + \ldots kP_k + k\,(P_{k+1} + P_{k+2} + \ldots + P_{n-1}) \\ -\frac{k}{n}\left[P_1 + 2P_2 + \ldots\ldots\ldots + (n-1) P_{n-1}\right] \end{cases}$$

C'est cette formule remarquable, conséquence de l'épure Crémona, que nous allons maintenant étudier.

Remarquons en outre que (3) peut s'écrire :

(3 *bis*) $$S_k = m'_A G + k\Sigma D - \frac{k}{n}\Sigma m'_A P$$

Cas où tous les nœuds ne sont pas chargés. Répétitions des ordonnées.

Dans le cas où certains nœuds ne sont pas chargés, les triangles fondamentaux offrent une particularité, *la répétition des ordonnées*, qu'il convient de signaler, afin d'éviter toute erreur.

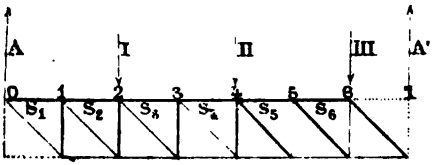


Fig. 8.

Soit la figure 8, où sont appliquées les forces I, II, III, qui développent des efforts représentés sur l'épure *Crémona (fig. 9)* et aussi sur les triangles fondamentaux *(fig. 10)*.

L'épure *Crémona* montre que :

$$S_1 = Ab, \qquad S_2 = Ad, \text{ ou } S_2 = 2S_1.$$

La figure 10 donne : $S_1 = h_1$

$S_2 = h_1 + h_2$ avec $h_1 = h_2$.

La première ordonnée A*b* sert d'abord au calcul de S_1, puis à celui de S_2; nous dirons qu'*elle est double* ou *répétée deux fois*.

On aura de même : $S_3 = 2h_1 + h_3$

$S_4 = 2h_1 + h_3 + h_4$ avec $h_3 = h_4$

$S_5 = 2h_1 + 2h_3 + h_5$

$S_6 = 2h_1 + 2h_3 + 2h_5$

Les ordonnées h_1, h_3, h_5 sont doubles.

En résumé, S_k *se composera toujours de* k *ordonnées* dont *quelques-unes peuvent être confondues* (doubles, triples, etc.).

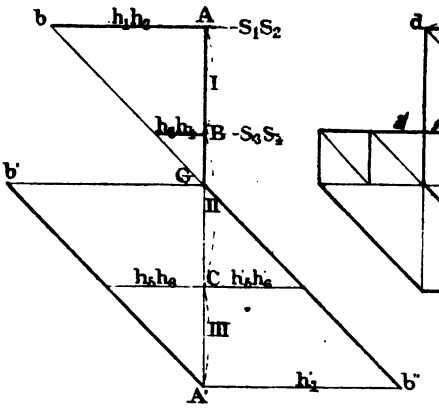


Fig. 9.

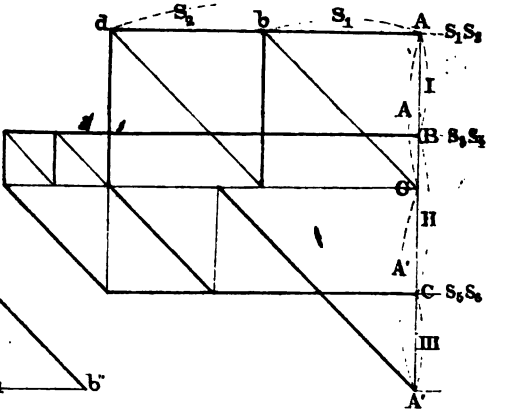


Fig. 10.

On évitera toute erreur, en inscrivant dès le début, en regard des *points séparatifs*, A, B, C, A′ :

A côté A *(fig. 10)* S_1, S_2 compris entre les forces A, I *(fig. 8)*

— B — S_3, S_4 — — — I, II —

— C — S_5, S_6 — — — II, III —

et ensuite les ordonnées de même indice, h_1, h_2; h_3, h_4; h_5, h_6.

Remarque. — La répétition de la première ordonnée h_1, jouant un rôle particulier dans la recherche des efforts maxima, au cas des charges roulantes, il faut remarquer que, pour elle, *l'ordre de répétition est toujours indiqué par le rang du nœud où se trouve appliquée la première charge.*

Dans le cas de la figure 8, cet ordre est 2.

III

Calcul immédiat de la formule.

$$(3)\quad S_k = \begin{cases} P_1 + 2P_2 + \ldots + kP_k + k(P_{k+1} + P_{k+2} + \ldots + P_{n-1}) \\ \qquad - \dfrac{k}{n}[P_1 + 2P_2 + \ldots + (n-1)\,P_{n-1}]. \end{cases}$$

Revenons à la formule 3 de la page 179, que l'on mettra sous la forme :

$$S_k = M_k - \frac{k}{n} D_{n-1}$$

en appelant M_k les *termes additifs* de la première ligne et D_{n-1} la somme des *termes soustractifs* de la seconde ligne.

Formons le tableau ou barème ci-contre :

Les colonnes, indiquées 1, 2, 3...n, se rapportent aux rangs successifs des panneaux, premier, deuxième, troisième, etc., et les lignes horizontales, avec les entrées, P_1, P_2, P_3..., à des termes en série, dont la loi de formation est évidente, surtout si l'on remarque le *rôle séparatif* de la diagonale AβB.

Tableau ou barème.

A	1	2	3	4		k		$n-1$	
P_1	P_1	P_1	P_1	P_1		P_1		P_1	
P_2	P_2	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$		$2P_2$		$2P_2$	
P_3	P_3	$3P_3$	$2P_3$	$3P_3$	β	$3P_3$		$3P_3$	
P_k	P_k	$2P_k$	$3P_k$			kP_k		kP_k	
P_{n-1}	P_{n-1}	$2P_{n-1}$	$3P_{n-1}$	$4P_{n-1}$		kP_{n-1}		$(n-1)P_{n-1}$	B
M	M_1	M_2	M_3	M_4		M_k		M_{n-1}	

Colonne de rang k du tableau. — Si on additionne verticalement les termes de la colonne de rang k, on a :

$$P_1 + 2P_2 + 3P_3 + \ldots kP_k + kP_{k+1} + \ldots kP_{n-1}$$

qui n'est autre chose que le terme que nous avons appelé M_k dans la formule (3). C'est pour rappeler ce fait que nous avons écrit les lettres M_1, $M_2 \ldots M_k \ldots M_{n-1}$ au-dessous des colonnes 1, 2... k... $(n-1)$.

Termes en diagonale.

La somme des termes suivant la diagonale AβB du tableau forme la série :

$$P_1 + 2P_2 + 3P_3 + \ldots + kP_k + (k+1)P_{k+1} + \ldots (n-1)P_{n-1}$$

c'est-à-dire, précisément le terme que nous avons appelé D_{n-1}, dans la formule (3).

On remarquera que D_{n-1} est constant pour toutes les brides d'une même poutre.

Le tableau donnant M_k et D_{n-1} permet de calculer de suite l'effort de compression qui se développe dans la bride supérieure de rang k d'une poutre à treillis, reposant sur deux appuis, supportant les poids, P_1, P_2, $P_3 \ldots P_{n-1}$, savoir :

$$S_k = M_k - \frac{k}{n} D_{n-1}$$

Dernière colonne verticale M_{n-1}.

On remarque que la dernière colonne M_{n-1} est constituée par les mêmes termes que la diagonale D_{n-1}, donc :

$$M_{n-1} = D_{n-1}$$

ou :
$$S_k = M_k - \frac{k}{n} M_{n-1}$$

ou encore :
$$S_k = M_k - k\left(\frac{M_{n-1}}{n}\right)$$

qui est l'expression à retenir.

Application.

Soit une poutre AA′ *(fig. 11)*, constituée par dix panneaux

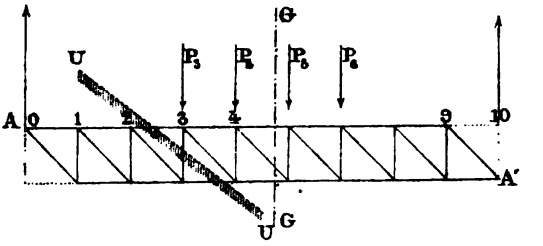


Fig. 11.

$n = 10$, supportant les charges $P_3 = 2\ t$, $P_4 = 3\ t$, $P_5 = 2\ t$, $P_6 = 1\ t$, appliquées aux nœuds 3, 4, 5, 6.

Solution par l'emploi du barème.

On se servira de la partie du tableau constituée par les deux premières colonnes et les neuf premières lignes horizontales.

Mais il sera plus simple, ayant sous les yeux le barème de la page 181, de reproduire le tableau numériquement, en ne tenant compte que des lignes *horizontales utiles*, c'est-à-dire celles pour lesquelles l'entrée P est différente de zéro.

Les calculs et les résultats se présenteront ainsi plus méthodiquement, comme le montre le tableau ci-contre, où n'apparaissent que les lignes horizontales P_3, P_4, P_5, P_6.

L'addition des colonnes verticales se fait alors sans difficulté, et les résultats M_k s'inscrivent au-dessous de chacune d'elles, sur la ligne horizontale désignée par M; ce sont les premiers termes de la formule :

$$S_k = M_k - \frac{k}{n} M_{n-1}.$$

Comme M_{n-1} est donné par la dernière colonne, on lit de suite :

$$M_{n-1} = 31,$$

et alors $k\left(\frac{M_{n-1}}{n}\right) = k\,\frac{31}{10} = 3{,}1 \times k$, qui est le second terme de la formule.

Immédiatement, sous la ligne horizontale M, on écrira les différentes valeurs de $3{,}1 \times k$, en donnant à k successivement les valeurs 1, 2, 3... $(n - 1)$.

$$S_k = M_k - k\left(\frac{M_{n-1}}{n}\right)$$

NUMÉRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_3 = 1\,t$	1	2	3	3	3	3	3	3	3
$P_4 = 3\,t$	3	6	9	12	12	12	12	12	12
$P_5 = 2\,t$	2	4	6	8	10	10	10	10	10
$P_6 = 1\,t$	1	2	3	4	5	6	6	6	6
M	7	14	21	27	30	31	31	31	31
$k\left(\frac{M_{n-1}}{n}\right) = 3{,}1 \times k$	3,1	6,2	9,3	12,4	15,5	18,6	21,7	24,8	27,9
S	3,9 t	7,8 t	11,7 t	14,6 t	14,5 t	12,4 t	9,3 t	6,2 t	3,1 t
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
I	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}

Ces nombres sont soustractifs et se retranchent des précédents, pour donner les valeurs cherchées de S, que l'on inscrit sur la ligne horizontale S.

Comme on a $I_k = S_{k-1}$, on peut écrire sur une autre ligne horizontale les valeurs de I, correspondant à celles de S.

On voit combien est méthodique et simple l'emploi de ce barème qui n'exige aucun effort de mémoire, ni de calcul.

Solution au moyen des triangles fondamentaux.

Nous reprenons l'exemple numérique ci-dessus.

Ayant déterminé, comme on sait le faire, les réactions A et A' de la poutre *(fig. 11)* :

$$A = \frac{1}{n}\Sigma P\ (n-k) = \frac{1}{10}\,[1\,t \times 7 + 3\,t \times 6 + 2\,t \times 5 + 1\,t \times 4] = 3{,}9\,t$$

$$A' = \Sigma P - A = 7\,t - 3{,}9\,t = 3{,}1\,t,$$

nous tracerons *(fig. 12)* les triangles fondamentaux GA*b*, GA'*b'*, comme il a été dit page 176 :

$$AA' = \Sigma P = P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 1\,t + 3\,t + 2\,t + 1\,t = 7\,t.$$

La première ordonnée A*b* est triple et se rapporte aux efforts des brides S_1, S_2, S_3, comprises entre A et P_3 *(fig. 10)*. La dernière ordonnée A'*b'* est quadruple et se rapporte aux brides S_7, S_8, S_9, S_{10}.

Les autres ordonnées sont simples.

Si on a construit ces triangles à l'échelle, on mesurera avec soin h_1, h_4, ($-h_5$, $-h_6$, $-h_7$) et on en déduira les valeurs de S_1, S_2... (Voir page 179).

$$S_1 = h_1$$
$$S_2 = 2h_1$$
$$S_3 = 3h_1$$
$$S_4 = 3h_1 + h_4$$
$$S_5 = 3h_1 + h_4 - h_5$$
$$S_6 = 3h_1 + h_4 - h_5 - h_6$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

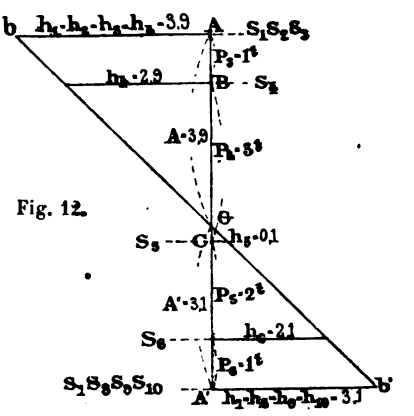


Fig. 12.

Mais un simple croquis peut suffire : car au lieu de mesurer h_1, h_4, h_5, h_7, on peut les évaluer de suite sur la figure qui ne sert plus alors que de guide.

En effet, le triangle isocèle supérieur donne :

$$h_1 = GA \qquad h_1 = A = 3{,}9\,t$$
$$h_4 = GB = A - P_3 = 3{,}9\,t - 1\,t\ldots = 2{,}9\,t$$

et le triangle isocèle inférieur :

$$h_7 = GA' = A' = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 3{,}1\,t$$
$$h_6 = GD = A' - P_6 = 3{,}1\,t - 1\,t = \ldots\ldots\ldots = 2{,}1\,t$$
$$h_5 = GC = A' - P_6 - P_5 = 3{,}1\,t - 1\,t - 2\,t\ldots = 0{,}1\,t$$

et l'on a :

$$S_1 = h_1 = 3{,}9\,t \ldots\ldots 3{,}9\,t$$
$$S_2 = 2\,h_1 = 3{,}9\,t \times 2. = 7{,}8\,t$$
$$S_3 = 3\,h_1 = 3{,}9\,t \times 3. = 11{,}7\,t$$
$$S_4 = S_3 + h_4 = S_3 + 2{,}9\,t = 14{,}6\,t$$
$$S_5 = S_4 + h_5 = S_4 - 0{,}1\,t = 14{,}5\,t$$
$$S_6 = S_5 - h_6 = S_5 - 2{,}1\,t = 12{,}4\,t$$
$$S_7 = S_6 - h_7 = S_6 - 3{,}1\,t = 9{,}3\,t$$
$$S_8 = S_7 - h_8 = S_7 - 3{,}1\,t = 6{,}2\,t$$
$$S_9 = S_8 - 3{,}1\,t = 3{,}1\,t$$
$$S_{10} = S_9 - 3{,}1\,t = 0\ t$$

Cette solution, qui n'exige ni emploi de formule, ni tracé d'épure, sera, nous l'espérons, remarquée du lecteur : d'autant plus qu'il n'est même pas nécessaire de tracer la ligne bGb' et les ordonnées h_1, h_2..., car ces longueurs sont respectivement égales à GA, GB, GC... La ligne AGB, que nous proposons d'appeler *ligne fondamentale*, avec les points *séparatifs* A,B,G,C,D ... A', suffisent donc et remplacent l'épure Crémona.

On doit aussi remarquer que la barre subissant l'effort maximum est celle pour le calcul de laquelle on utilise la dernière ordonnée positive, puisque passée cette position, les ordonnées négatives interviennent.

Nous supposons toujours les barres inclinées à 45°. Au cas d'une inclinaison différente, nous dirons plus loin comment se modifient le barème et les triangles fondamentaux.

IV

Montants verticaux V et contre-fiches C.

La relation $C_k = V_k\sqrt{2}$ (page 175) montre qu'il n'est nécessaire de se préoccuper que des efforts supportés par les montants verticaux.

Or, ces efforts sont précisément les efforts tranchants produits au droit des nœuds, et se lisent directement sur le croquis représentant la poutre avec les charges qu'elle supporte.

On pourrait établir un tableau dans le genre de celui de la page 181, mais on ne trouverait aucun avantage, étant donnée la simplicité de l'expression des efforts tranchants.

Remarque. — Si une poutre AA' est chargée des poids I, II, III, IV, appliqués aux nœuds B, C, D, E, et que l'on fasse le diagramme des efforts tranchants, on obtient *(fig. 13)* le contour *a*, *b*, *c*, *d*, *a'*, *e*, *d'*, qui montre qu'*un peu avant* le nœud B, l'effort tranchant est B*b*, *un peu après* il n'est plus que B*c*; de même aux autres nœuds. Le changement est donc brusque : il y a *discontinuité*.

Ici, c'est le plus grand de ces efforts qu'il convient de prendre et d'introduire dans la formule $C_k = V_k\sqrt{2}$.

Ainsi, en nous reportant à l'exemple numérique choisi page 184,

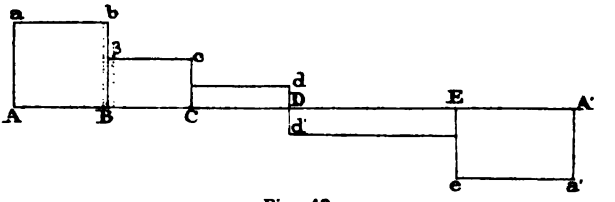


Fig. 13.

si on a fait le croquis des triangles fondamentaux *(fig. 12)*, on écrira, sans hésitation :

Premier groupe. Segment supérieur GA Compression.

$$\begin{cases} V_1 = GA = h_1 & = 3{,}9\ t. \\ V_2 = V_3 = V_1 & = 3{,}9\ t. \\ V_4 = GB = h_4 & = 2{,}9\ t. \end{cases}$$

Deuxième groupe. Segment inférieur GA' Tension.

$$\begin{cases} V_{10} = V_9 = V_8 = V_7 = 3{,}1\ t. \\ V_6 = GD = h_6 = 2{,}1\ t. \\ V_5 = GC = h_5 = 0{,}1\ t. \end{cases}$$

En général, $V_k = h_k$.

Remarque. — Mais si, avec le dispositif de la figure 11, les forces étaient appliquées aux nœuds inférieurs, l'effort supporté par un poinçon vertical serait :

$$V'_k = T_k - P_k = T'_k \quad \text{au lieu de} \quad V_k = T_k,$$

en appelant T_k le plus grand des deux efforts tranchants ;
et T'_k le plus petit des deux efforts tranchants.

En général, pour reconnaître lequel des deux efforts se produit, on considérera, par la pensée, la section UU :

Si P_k est *à gauche* de UU, on *doit tenir compte* de P_k et prendre $V'_k = T'_k - P_k = T_{k-1}$, plus petit des deux efforts.

Si P_k reste *à droite* de UU, c'est le plus grand des deux efforts qu'il convient de prendre $V_k = T_k$. (Cas actuel.)

L'influence de l'application des forces aux nœuds inférieurs ou supérieurs ne se fait, du reste, sentir que sur les barres verticales et nullement sur les contre-fiches, pour lesquelles il convient de toujours prendre :

$$C_k = V_k\sqrt{2}, \text{ et non } C_k = V'_k\sqrt{2}$$

La *ligne fondamentale* AA' donne donc de suite les efforts supportés par les montants verticaux, et comme :

$$C_k = V_k\sqrt{2}, \quad \text{ou} \quad C_k = h_k\sqrt{2},$$

on en conclut :

$$\text{1}^{\text{er}}\text{ groupe. Tension.}\begin{cases} C_1 = C_2 = C_3 = 3{,}9t \times \sqrt{2} = 3{,}9t \times 1{,}14 = 4{,}45t \\ C_4 = 2{,}9t \times \sqrt{2} = 2{,}9t \times 1{,}14 = 3{,}30t \end{cases}$$

$$\text{2}^{\text{e}}\text{ groupe. Compression.}\begin{cases} C_{10} = C_9 = C_8 = C_7 = 3{,}1t \times \sqrt{2} = 3{,}1t \times 1{,}14 = 3{,}53t \\ C_6 = 2{,}1t \times \sqrt{2} = 2{,}1t \times 1{,}14 = 2{,}39t \\ C_5 = 0{,}1t \times \sqrt{2} = 0{,}1t \times 1{,}14 = 0{,}11t \end{cases}$$

Règle des signes. — Le point G *(fig. 12)*, point séparatif des deux réactions A et A', sur le rôle duquel nous reviendrons, divise la ligne fondamentale en deux régions : la première, SUPÉRIEURE, GA, *pour laquelle tous les montants verticaux sont comprimés*, et *toutes les contre-fiches tendues.*

La *seconde*, INFÉRIEURE, GA', *pour laquelle l'inverse a lieu*, c'est-à-dire *que tous les montants verticaux sont tendus, toutes les contre-fiches comprimées.*

A la position du point G de la figure 12 correspond la position GG de la *verticale de gravité (fig. 11)* située entre les forces P_4, P_5. La règle précédente revient donc à dire que : *à gauche de* GG, *les poinçons sont comprimés* et *les contre-fiches tendues ; à droite, l'inverse a lieu.*

Poutres chargées symétriquement.

Dans le mémoire que nous avons mentionné au début (1), nous avons traité complètement le cas d'une poutre droite à treillis, *chargée symétriquement;* c'est un cas particulier du problème plus général qui nous occupe, sur lequel nous ne reviendrons pas, et qui tire son importance du fait qu'on peut, comme l'a indiqué *M. Kleitz*, remplacer l'action des charges roulantes par celle d'une charge uniformément répartie.

(1) A propos de ce mémoire nous prions le lecteur de se reporter au bulletin de février 1895 et de faire les corrections suivantes :

Page 236, dernière colonne, tableau n° 2. 2. $\frac{\cos\alpha}{\sqrt{2}}$ au lieu de $\frac{\cos\alpha}{\sqrt{2}}$.

Page 243, ligne 9, P : cos α au lieu de P cos α.
— lignes 10 et 11, effacer $\sqrt{2}$.
— ligne 12, *divisés*, au lieu de *multipliés*.
— ligne 12, 2. $\frac{\cos\alpha}{\sqrt{2}}$ au lieu de $\frac{\cos\alpha}{\sqrt{2}}$.
— ligne 16, 2. $\frac{\cos\alpha}{\sqrt{2}}$ au lieu de $\frac{\cos\alpha}{\sqrt{2}}$.

DEUXIÈME PARTIE

NOUVELLE SOLUTION DU PROBLÈME DES CHARGES ROULANTES

Nous allons maintenant aborder l'un des problèmes les plus importants de la statique graphique, celui de la recherche des variations des efforts développés dans les barres d'un treillis, sous l'action des *charges mobiles*.

Par *charges mobiles*, il faut entendre un ensemble de charges qui se déplace en passant d'un nœud au suivant; ce qui a lieu dans la pratique, puisque les efforts sont transmis au moyen de longerons aboutissant à des entretoises fixées à l'aplomb des nœuds.

I

Positions correspondantes de la verticale de gravité et du point séparatif.

Considérons une poutre AA′ *(fig. 14)* supportant les charges I, II, III, IV..., dont les réactions A et A′ donnent lieu à la relation :

$$\frac{A}{A'} = \frac{G_1 A'}{G_1 A}. \qquad (1)$$

Construisons la *ligne fondamentale* et le *point séparatif* G *(fig. 14 bis)*; les deux segments GA, GA′, égaux respectivement à A et A′, donnent le rapport :

$$\frac{GA'}{GA} = \frac{A'}{A}, \qquad (2)$$

c'est-à-dire, inverse du rapport précédent.

Il suit de là qu'à une *position définie de la verticale de gravité* GG, invariablement liée au groupe des forces I, II, III ..., *correspond une position unique pour le point séparatif* G *de la ligne fondamentale.*

Celui-ci trouvé, on déterminera de suite, par la méthode exposée page 185, tous les efforts que les forces font naître dans les barres du treillis.

Or, la détermination graphique de G est facile à faire.

Prenons $AB = A + A' = \Sigma P$.

Achevons de construire le rectangle ABB′A′, qui jouera par la suite un *rôle très important.*

Menons la diagonale BA′, qui coupe en G′ la verticale de gravité.

On a : $\frac{G'G''}{A'B'} = \frac{BG''}{BB'}$, d'après une propriété connue :

$$\frac{G'G''}{A'B' - G'G''} = \frac{BG''}{BB' - BG''},$$

ou :

$$\frac{G'G''}{G_1G'} = \frac{AG_1}{A'G_1},$$

et à cause de la relation (1) :

$$\frac{G'G''}{G_1G'} = \frac{A'}{A}.$$

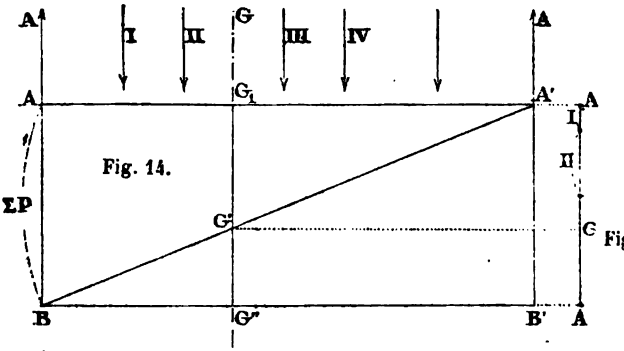


Fig. 14.

Fig. 14 *bis*.

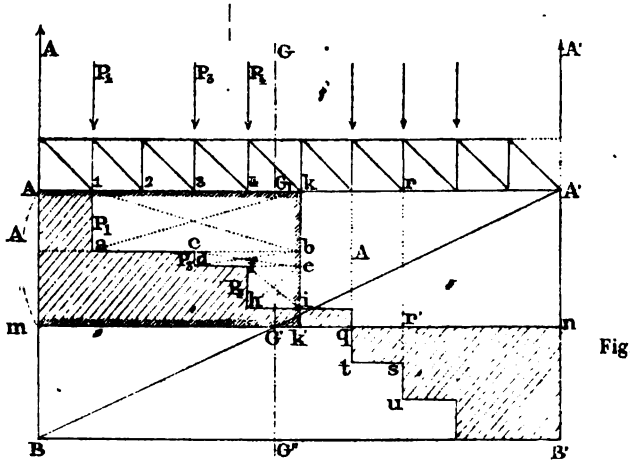


Fig. 15.

Comme $G'G'' + G_1G' = A + A'$, on en conclut :

$$G_1G' = A ;$$
$$G'G'' = A'.$$

Ainsi donc : *une position quelconque d'un ensemble de forces* I, II, III ..., *étant donnée par suite leur verticale de gravité* GG_1, *le point*

séparatif G′ *ou* G, *qui sert d'origine aux ordonnées* h, *se trouve déterminé par la construction très simple de la figure 14.*

GG_1 se déplaçant sur AA′ en entraînant le groupe de forces, l'origine G se déplacera sur *la ligne fondamentale*, et on aura à chaque instant les éléments pour déterminer les efforts dans les barres (voir page 185).

Ainsi se trouve résolu, d'une façon nouvelle et purement graphique, le problème que nous avons déjà traité.

Nous montrerons plus loin comment l'emploi d'un papier calque, sur lequel est tracé le groupe des forces avec leur verticale de gravité, que l'on promène sur la poutre de A en A′, en pointant à chaque position le point G, permet de s'en tenir à la figure 14, comme tracé complet.

II

Interprétation de la formule S. Surface représentative. — Variation de S_k.

Reprenons la formule (1) de la page 178 :

(1) $S_k = kA - [(k-1)P_1 + (k-2)P_2 + \dots 2P_{k-2} + P_{k-1}]$,

que l'on peut aussi écrire :

$$S_k = kA - \Sigma_1^{k-1} M_k^1 G.$$

Soit *(fig. 15)* la poutre AA′ supportant les charges P_1, $P_2 \dots P_{n-1}$ appliquées aux nœuds 1, 2, 3 … $(n-1)$, et donnant les réactions A, A′.

Soit GG la verticale de gravité.

Prenons AB = ΣP, et achevons le rectangle AA′B′B dont la diagonale BA′ donne le point séparatif G′, c'est-à-dire que :

$$G_1G' = A, \qquad G'G'' = A'.$$

Considérons le nœud de rang k, menons kk' et mn.

Dans ces conditions, la surface du rectangle $Akk'm$ est proportionnelle à $k \times A$, ce qui veut dire que l'on peut représenter le premier terme de la formule (1) par le rectangle $Akk'm$, de même

$(k-1) \times P_1$ peut se représenter par le rectangle $1kba$,
$(k-2) \times P_2$ — — *cbed*,
$(k-3) \times P_3$ — — *feih*,
. . . . . .

et l'ensemble des termes soustractifs de la formule (1) peut se

représenter par la surface polygonale *kihda*1, par suite, S_k par la surface hachée A*mk'ihda*1, différence des deux précédentes, et que nous appellerons la *surface représentative* de S_k; nous la désignerons par la même lettre S_k.

Les charges *restant fixes*, la variation de la surface S_k est facile à suivre : *kk'* se déplaçant de A vers A', la surface S_k augmente jusqu'à ce que *kk'* passe par le point *q*, intersection de *mn* avec la polygonale; elle est alors A1*xfqm* = S qui représente l'effort maximum et indique le nœud où il se produit.

Passée cette position et arrivée en *r*, par exemple, la surface représentative est :

$$+ \text{A}rr'm - rstqifc1,$$

c'est-à-dire la surface précédente S, diminuée de *qr'st*.

On doit donc regarder la *surface représentative* qnB'ut, *située au-dessous* de *mn*, comme *négative;* la droite *mn* joue donc un rôle identique à celui du point séparatif G de la *ligne fondamentale;* elle divise la *surface représentative totale* en deux parties : l'une additive, l'autre soustractive, et, comme leur somme algébrique n'est autre chose que l'effort S_n, supporté par la bride supérieure de rang *n*, que cet effort est nul, on en conclut que les deux parties ont une surface équivalente. C'est la propriété correspondante à celle que nous avons reconnue, page 176, savoir :

$$\Sigma h \text{ } \textit{au-dessus de} \text{ G} = \Sigma h \text{ } \textit{au-dessous de} \text{ G},$$

à propos de la ligne fondamentale (1).

Les surfaces représentatives sont, du reste, fort simples à évaluer.

Tout ce que nous venons de dire se rapporte à un premier problème qui peut s'énoncer ainsi :

Premier problème.

Une poutre droite à treillis, chargée de poids concentrés quelconques mais fixes, étant donnée, déterminer tous les efforts qui prennent naissance dans les éléments de cette poutre, et, en particulier, celui de la barre la plus fatiguée.

(1) Cette propriété, déduite de considérations statiques, sert à résoudre très simplement ce problème de géométrie.

Etant donnés un rectangle AA'B'B (fig. 15) ***et la polygonale*** acf .. qtu... ***dont les côtés sont parallèles à*** AA' et AB, ***mener la droite*** mn, ***telle que les deux surfaces ombrées soient équivalentes.***

La droite *mn* passe pas le point séparatif G', intersection de BA' et de la verticale de gravité des forces dont les vecteurs seraient les côtés verticaux de la polygonale.

Nous avons indiqué plusieurs procédés :

1° Par les *triangles fondamentaux*, que l'on peut réduire à la ligne fondamentale ;

2° Au moyen du *tableau* ou *barème ;*

3° Par les *surfaces représentatives.*

III

Positions défavorables des charges. Maxima relatifs. — Maximum absolu.

Nous allons maintenant étudier les variations de l'effort S_k de la bride de rang k, quand un groupe constant de forces I, II, III, IV... se déplace le long de la poutre AA′ *(fig. 16)*, entraînant dans ce déplacement la verticale de gravité GG, invariablement liée à lui.

Sur la ligne AB, portons successivement les forces I, II, III... de façon à constituer AB = ΣP. Achevons le rectangle ABB′A′.

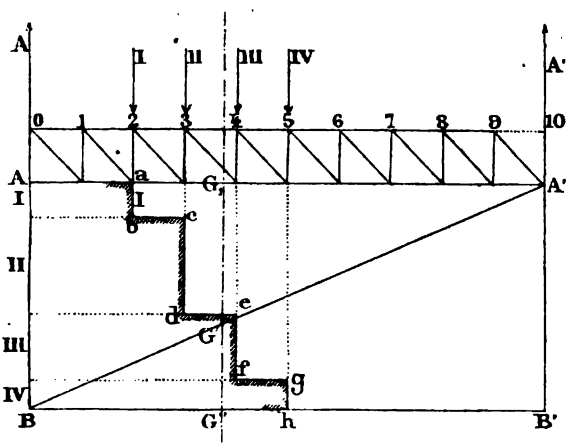


Fig. 16.

Traçons la diagonale BA′, dont l'intersection avec la verticale de gravité donne l'origine G des ordonnées h de la ligne fondamentale et, par conséquent, les deux réactions :

$$A = G'G_1, \qquad A' = G'G''.$$

Traçons maintenant la ligne brisée *ab*, *cd*, *ef*, *gh*, comme le montre la figure 16.

Dorénavant, nous considérerons toujours les *forces*, leur *verticale de gravité* et la *polygonale abh*, qui en résultent, comme invariablement liées et se déplaçant ensemble.

Ce sera ce que nous appellerons la *figure mobile.*

La polygonale *abh* limite, comme on sait, la *surface représentative* S, dont la variation est la conséquence des positions successives de cette ligne, et comme, de ces positions, nous déduirons celles des forces, nous proposons de donner à cette ligne le nom de *polygonale de position.*

Comme nous le dirons plus tard, on peut tracer à part, sur du papier calque, la *figure mobile* et faire mouvoir cet ensemble sur le rectangle ABB'A', qui restera apparent et ne se compliquera d'aucune ligne. On aura ainsi, pour chaque position des forces, tous les éléments de calcul, si on a eu soin de pointer sur le calque l'origine G, intersection de la verticale de gravité avec la diagonale BA'.

Répétition de la première ordonnée *h.* — Il est un point sur lequel il est nécessaire d'insister, c'est l'ordre ou le nombre de répétition de la première ordonnée, que rien n'indique sur la ligne fondamentale. Celle-ci ne sera donc *complète* et susceptible de servir au calcul que si, en regard du point G, on indique *l'ordre de cette répétition*, qui n'est autre chose, comme on l'a vu page 180, que l'ordre ou *rang du nœud* où *est appliquée la première force* I. On la déterminera donc *a priori* sans aucune difficulté, puisque les nœuds sont numérotés 0, 1, 2, 3 ...

Ceci dit, nous pouvons traiter le

Deuxième problème.

Déterminer la position des charges qui produit le maximum d'effort dans la bride de rang k. Ce qui revient à déterminer *le maximum de la surface représentative* de la surface S_k.

Soit GG la *verticale de gravité*, et *ab*, *cd*... *pq*, la polygonale de position d'un système de forces supportées par la poutre AA'; G' le point d'origine de la *ligne fondamentale (fig. 17).*

Menons *m*G'*n*.

Considérons le nœud K de rang *k* et sa verticale fixe KK.

La surface représentative de l'effort de la bride de rang *k* est, comme on sait, S_k, qui varie quand les charges se meuvent.

Donnons à la *figure mobile* un *mouvement virtuel* Δx, c'est-à-dire un déplacement *infiniment petit*, KK restant fixe.

La polygonale *ab*, *cd* ... *pq* se place en *a'b'*, *c'd'* ... *p'q'* à une distance Δx.

La verticale de gravité GG' vient en $G_1G'_1$ à une distance Δx.

G'_1 est le nouveau point d'origine.

Traçons $m'G'_1n'$. En comparant la nouvelle surface représenta-

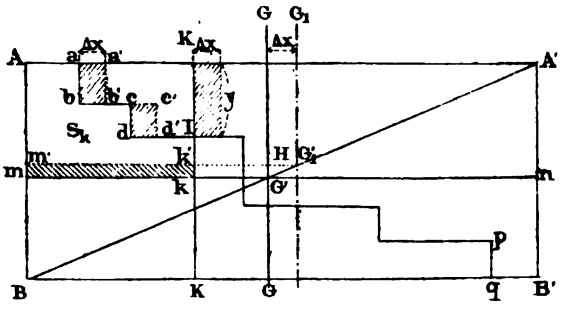


Fig. 17.

tive, on voit que dans le *mouvement différentiel* Δx, la surface S_k a varié :

1° Elle *s'est accrue* de la somme des rectangles *aba'b'*, *cdc'd'*... ou $\Sigma aba'b'$;

2° *Elle a diminué* du rectangle *mkk'm'*.

Le premier élément $\Sigma aba'b'$ a pour mesure le rectangle KI $\times \Delta x$, ou $y\Delta x$, en posant KI $= y$, qui devient l'inconnue.

Les deux éléments de variation de S_k, *les deux fluxions*, sont donc *mkk'm'* et $y\Delta x$, et la valeur de la fonction S_k passera par un maximum ou un minimum (ici un maximum), quand ces *deux fluxions seront égales*, c'est-à-dire quand :

$$(1) \qquad k \times mm' = y\Delta x \qquad (mk = k)$$

car, *un peu avant*, ainsi qu'*un peu après* cette position particulière, la valeur de S_k *reste la même*: c'est la définition même du maximum.

Recherchons donc la valeur de y, répondant à la relation (1).

Soit l, la longueur de la poutre (l, nombre de panneaux) et $h = AB = \Sigma P$ *(fig. 17)*, on a :

$$mm' = G'H.$$

Les deux triangles semblables G'HG'$_1$ et BAA' donnent :

$$\frac{G'H}{\Delta x} = \frac{h}{l}$$

d'où, en remplaçant G'H $= mm'$, dans l'équation (1) :

$$y\Delta x = k \,.\, \Delta x \frac{h}{l},$$

ou bien, Δx étant *très petit*, mais *défini* :

$$y = k \,.\, \frac{h}{l},$$

ce qui veut dire que y appartenant à la droite,

$$y = x \frac{h}{l},$$

qui n'est autre chose que la seconde diagonale AB' du rectangle ABB'A'.

Ainsi donc :

THÉORÈME. — *Le point* I *qui détermine* y, *rendant* S_k *maximum, se trouve à l'intersection de la verticale* KK *avec la diagonale* AB' *du rectangle.*

Supposons maintenant la poutre AA' avec les charges mobiles représentées par la polygonale CMDQR *(fig. 18)*.

Si l'on place cette polygonale de façon que l'un des sommets M touche la diagonale AB', on a $Mm = y$, qui donne, comme on l'a vu, l'effort maximum au point *m*, *si toutefois* m *correspond à un nœud*, c'est-à-dire *à un point susceptible de recevoir une charge*. En général, cela n'aura pas lieu, et la verticale K*k*, d'un nœud K, tombera entre M et N, définis par deux sommets consécutifs de la polygonale.

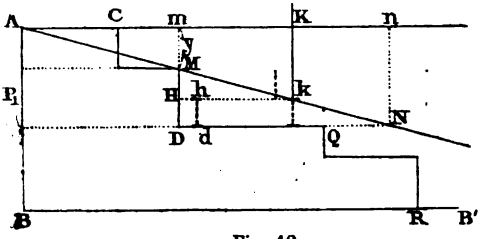


Fig. 18.

Projetons *k* en H sur MD $=$ P, et supposons qu'au lieu de la force unique MD nous ayons deux forces MH et *hd*, *très voisines*, mais *distinctes*. Dans ces conditions la position la plus défavorable sera quand le sommet *h* touchera AB', c'est-à-dire se confondra avec *k*. Supposons maintenant que *hd* se rapproche indéfiniment de HD, de façon à reconstituer la force unique MD, le sommet *h* venant en H conserve sa propriété relative au maximum, et à la limite c'est le point H qui, par sa coïncidence avec *k*, détermine la position défavorable relativement au nœud K.

Nous retrouvons ainsi par ce nouveau procédé très simple et *purement géométrique* la règle.

Règle. — Pour avoir la *position défavorable* des forces relativement à une bride de rang k, on fera mouvoir sur ABA'B' la *figure mobile* (polygone de position et verticale de gravité), tracée sur papier calque, *jusqu'à ce qu'une force, tombant à l'aplomb du nœud* K, *soit coupée par la diagonale partant de* A.

A cette position *unique* de la *figure mobile* correspond, sur *la ligne fondamentale*, une *origine* G', que l'on pointera, en mettant en regard la lettre S_k, suivie du chiffre indiquant *l'ordre de répétition* de la première ordonnée. On aura ainsi tous les éléments de calcul de l'effort maximum que peut supporter S_k, dans le cas le plus défavorable.

En résumé, la méthode que nous proposons, but auquel tend ce mémoire, pour résoudre le problème des charges roulantes n'exige que :

1° Tracer le rectangle AA'B'B et ses deux diagonales;

2° Tracer sur calque la figure mobile et compléter, à chaque position la ligne fondamentale.

Maximum absolu.

Nous venons de rechercher les valeurs maxima de S_k relatives aux différentes sections. Parmi ces maxima, il en est un plus grand que tous les autres, c'est le *maximum absolu*.

Comme, dans la pratique, on aura à calculer tous les efforts maxima, le maximum absolu apparaîtra de lui-même.

Application.

Soit une poutre de 20 *m* de longueur, formée de 10 panneaux, dont les nœuds sont numérotés de 0 à 10 *(fig. 19)*. La charge roulante est constituée par les forces constantes I, II, III, IV.

$$I = 1\ t,\ II = 3\ t,\ III = 2\ t,\ IV = 1\ t.$$

Sur AB portons successivement les longueurs proportionnelles à I, II, III, IV, de façon que AB représente $\Sigma P = 1\ t + 3\ t + 2\ t + 1\ t = 7\ t$.

Achevons le rectangle ABA'B' et menons ses deux diagonales. Ce sera *la figure fixe*.

Sur un papier calque, on tracera la *figure mobile* qui se compose, comme nous l'avons dit, des forces I, II, III, IV, ainsi que de leur verticale de gravité, et dont la reproduction est la figure 20.

La verticale de gravité se trouve placée à une distance x, déterminée par l'équation :

$$3\,t \times 2 + 2\,t \times 4 + 1\,t \times 6 = 7\,t \times x,$$

$$x = \frac{20}{7} = 2{,}85\ m.$$

Ceci fait, si on veut avoir le maximum de l'effort supporté par la quatrième bride S_4 (quatrième nœud), on placera le papier calque *(fig. mobile)*, de façon que la diagonale AB′ coupe l'un des vecteurs — *(elle en coupera toujours un et jamais qu'un)* — à l'aplomb du quatrième nœud.

La verticale de ce nœud *tombant entre les points* a *et* b (fig. 19),

Fig. 19.

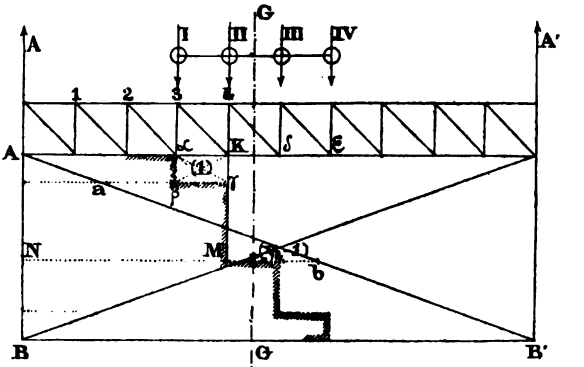


Fig. 20.

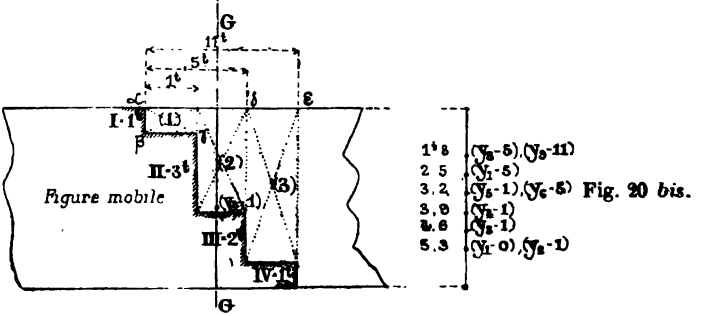


Fig. 20 *bis.*

la position la plus défavorable des charges sera obtenue quand la force II *passera au-dessus de 4.*

Cette position est indiquée en pointillés sur la figure 19. Sans changer cette position, on pointera sur le calque le point origine G (intersection de la verticale de gravité avec la diagonale BA′) et pour se souvenir que ce point se rapporte au maximum de S on mettra en regard la lettre y_4.

Ceci fait, nous avons différents moyens de déterminer le maximum de S_4.

1° Au moyen de la surface représentative de S_k. — Ayant la position la plus défavorable des charges et le point séparatif y_k qui y correspond, on aura la valeur du maximum de S_k en évaluant la surface représentative (page 191).

$$\max S_k = \text{surf} : A\alpha\beta cMN$$
$$= AKMN - (\alpha\beta\gamma K)$$
$$\max S_k = k \times y_k - (1).$$

Évaluation des surfaces. — La convention que nous avons faite (page 178), de confondre l'expression $k.P_k$ avec $m_A^i P_k$ revient, en réalité, à prendre, pour unité de longueur, la longueur d'un panneau. Nous devons évidemment conserver cette convention pour l'évaluation des surfaces ; c'est ainsi que le rectangle $\alpha\beta\gamma K = (1)$, ayant pour base αK, l'unité de longueur, et pour hauteur la force I, donne :

$$\text{Surface } (1) = I \times \alpha K = 1\ t \times 1 = 1\ t\ ;$$
$$\text{Surface } (2) = (I + II) \times k\delta = 4\ i \times 1 = 4\ t\ ;$$
$$\text{Surface } (3) = (I + II + III) \times \delta\varepsilon = 6\ t \times 1 = 6\ t.$$

Échelle de y_k. — La longueur qui mesure les y sur l'épure dépend à la fois de l'échelle qu'on a prise pour mesurer AA', longueur de la poutre, et de celle admise pour les charges.

On commencera par évaluer y à l'échelle des longueurs et cette longueur évaluée correspondra à un nombre de tonnes donné par l'échelle des poids.

Revenons maintenant à la figure mobile sur laquelle nous avons pointé y_4 et noté la surface qui est à retrancher du rectangle $4\ y_4$.

On évaluera y_k en tonnes, on fera le produit ky_k, dont l'on retranchera les parties négatives que la figure mobile indiquera nettement pour chaque position : ce sont les rectangles tels que $\alpha\beta\gamma K$, qui se trouvent à gauche de la verticale du nœud considéré.

Si on a eu soin de mettre sous forme *de cotes* les valeurs de ces surfaces soustractives, on lira de suite $(1) = 1\ t$,

$$(1) + (2) = 5\ t,$$
$$(1) + (2) + (3) = 11\ t\ \textit{(fig. mobile 20)},$$

et l'on pourra, devant chaque origine y_k, écrire la partie négative ; c'est ainsi que dans le cas de la figure 19, on aura *la caractéristique* $(y_4 - 1\ t)$ qui correspond à l'opération.

$$\max.\ S_4 = 4 \times y_4 - 1\ t = 4 \times 3{,}9\ t - 1\ t = 14{,}6\ t.$$

En résumé, le cheminement une fois terminé, la ligne fondamentale se présentera comme le montre la figure 20 *bis*.

Le tableau suivant enregistre les résultats tirés de ce mode d'évaluation qui, on le voit, est très simple.

CARACTÉRISTIQUES des POSITIONS DÉFAVORABLES	VALEURS DE y	CALCUL DES CARACTÉRISTIQUES EXPRESSION $(ky_k - s)$
$(y_1 - 0)$	$y = 5{,}3\ t$	$\max S_1 = 1 \times 5{,}3\ t = 5{,}3\ t$
$(y_2 - 1)$	$y = 5{,}3\ t$	$\max S_2 = 2 \times 5{,}3\ t - 1\ t = 9{,}6\ t$
$(y_3 - 1)$	$y = 4{,}6\ t$	$\max S_3 = 3 \times 4{,}6\ t - 1\ t = 12{,}8\ t$
$(y_4 - 1)$	$y = 3{,}9\ t$	$\max S_4 = 4 \times 3{,}9\ t - 1\ t = 14{,}6\ t$
$(y_5 - 1)$	$y = 3{,}2\ t$	$\max S_5 = 5 \times 3{,}1\ t - 1\ t = 15\ t$
$(y_6 - 5)$	$y = 3{,}2\ t$	$\max S_6 = 6 \times 3{,}2\ t - 5\ t = 14{,}2\ t$
$(y_7 - 5)$	$y = 2{,}5\ t$	$\max S_7 = 7 \times 2{,}5\ t - 5\ t = 12{,}5\ t$
$(y_8 - 5)$	$y = 1{,}8\ t$	$\max S_8 = 8 \times 1{,}8\ t - 5\ t = 9{,}4\ t$
$(y_9 - 11)$	$y = 1{,}8\ t$	$\max S_9 = 9 \times 1{,}8\ t - 11\ t = 5{,}2\ t$

REMARQUE. — Ici, nous devons anticiper et utiliser une remarque que nous faisons, page 204, et qui porte sur ce que dans les déplacements successifs, d'un panneau à l'autre, la variation de $(y = \mathrm{A})$ est constante et égale à i.

$$i = \frac{\Sigma P}{n} = \frac{AB}{n} = \frac{7\,t}{10} = 0{,}70\ t,$$

de sorte que, ayant calculé (ou mesuré) l'une des valeurs de y_k, toutes les autres s'en déduiront.

Ainsi de :

$$y_4 = \frac{1}{10}(1\,t \times 7 + 3t \times 6 + 2\,t \times 5 + 1\,t \times 4) = 3{,}90\ \mathrm{t},$$

on conclura :

$$y_3 = 3{,}9\ t + 0{,}7 = 4{,}6\ t, \qquad y_2 = 5{,}3\ t, \qquad y_5 = 3{,}2\ t\ldots$$

que l'on inscrira à gauche de la ligne fondamentale *(fig. 20 bis)*.

En procédant de cette façon, on ne prend plus de mesures sur l'épure, et, par suite, une exactitude *rigoureuse* dans le dessin n'est plus *absolument* nécessaire. Un croquis fait à la main sur papier quadrillé pourra suffire. L'échelle est aussi indifférente. Nous ne prévoyons pas que l'on imagine des méthodes plus simples que ce procédé qui donne des résultats rigoureusement exacts.

Le graphique n'est plus qu'un guide indiquant les calculs élémentaires de la forme :

$$\max S_4 = 4y_4 - 1\ t = 4 \times 3{,}9 - 1 = 14{,}6\ t.$$

2° Par l'emploi du barème. — Il est clair que, connaissant par la figure fixe *(fig. 19)*, la position la plus défavorable des charges correspondant au maximum de S_k, on pourra recourir au barème (page 184), pour déterminer cette valeur.

Mais ce procédé sera plus long que le précédent.

3° Au moyen de la ligne fondamentale complétée. — Si on a eu soin, en pointant l'origine y_k, d'indiquer en regard, par un chiffre, l'ordre de répétition de la première ordonnée, c'est-à-dire le rang du nœud où est appliquée la première charge I (voir page 179), ici c'est 3, on aura ainsi *complété la ligne fondamentale*, pour ce qui est relatif au maximum S_4, et par suite on aura les éléments de calcul de cette valeur dont $(y_4 . 3)$ est la *caractéristique*.

On mesurera y_4, qui est égal à 3,90 *t*, et on appliquera la règle indiquée, page 185.

$$h_1 = y_4 ;$$

on aura ainsi :

$$\max S_k = 3\,h_1 + h_4$$
$$= 3\,y_4 + (y_4 - \mathrm{I}) = 3 \times 3{,}90\,t + 3{,}90\ t - 1\,t = 14{,}6\ t.$$

On fera de même pour toutes les brides *(fig. 20 ter)*, et on formera suivant qui contient les résultats :

CARACTÉRISTIQUES des POSITIONS DÉFAVORABLES	VALEURS DE y PREMIÈRE ORDONNÉE	CALCUL DES CARACTÉRISTIQUES — MAXIMUM DE S	
$y_1 . 1$	$y_1 = 5{,}3$	$\max S_1 = h_1 = y_1 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$	$5{,}3\ t$
$y_2 . 1$	$y_2 = 5{,}3$	$\max S_2 = 5{,}3\,t + (5{,}3\,t - 1\,t) = \ldots\ldots\ldots$	$9{,}6\ t$
$y_3 . 2$	$y_3 = 4{,}6$	$\max S_3 = 2 \times 4{,}6\,t + (4{,}6\,t - 1\,t) = \ldots\ldots\ldots$	$12{,}8\ t$
$y_4 . 3$	$y_4 = 3{,}9$	$\max S_4 = 3 \times 3{,}9\,t + (3{,}9\,t - 1\,t) = \ldots\ldots\ldots$	$14{,}6\ t$
$y_5 . 4$	$y_5 = 3{,}2$	$\max S_5 = 4 \times 3{,}2\,t + (3{,}2\,t - 1\,t) = \ldots\ldots\ldots$	$15\ t$
$y_6 . 4$	$y_6 = 3{,}2$	$\max S_6 = 4 \times 3{,}2\,t + (3{,}2\,t - 1\,t) + (3{,}2\,t - 1\,t - 3\,t) =$	$14{,}2\ t$
$y_7 . 5$	$y_7 = 2{,}5$	$\max S_7 = 5 \times 2{,}5\,t + (2{,}5\,t - 1\,t) + (2{,}5\,t - 1\,t - 3\,t) =$	$12{,}5\ t$
$y_8 . 6$	$y_8 = 1{,}8$	$\max S_8 = 6 \times 1{,}8\,t + (1{,}8\,t - 1\,t) + (1{,}8\,t - 1\,t - 3\,t) =$	$9{,}4\ t$
$y_9 . 6$	$y_9 = 1{,}8$	$\max S_9 = 6 \times 1{,}8\,t + (1{,}8\,t - 1\,t) + (1{,}8\,t - 1\,t - 3\,t)$ $+ (1{,}8\,t - 1\,t - 3\,t - 2\,t) = \ldots\ldots\ldots$	$5{,}2\ t$

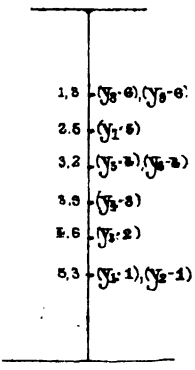


Fig. 20 *ter*.

Il faudra toujours avoir présente à la mémoire la remarque que nous avons faite (page 180) que : S_k *comporte* k *termes*.

C'est ainsi que max S_8 se compose d'une ordonnée h_1, *sextuple* (6e ordre), et de deux ordonnées *simples*, h_7 et h_8, calculées comme on sait :

$$h_7 = h_1 - \mathrm{I} = h_1 - 1\,t;$$
$$h_8 = h_7 - \mathrm{II} = h_1 - 1\,t - 3\,t.$$

Les *ordonnées négatives* apparaissent d'elles-mêmes.

IV

Poinçons verticaux, contre-fiches, Efforts tranchants.

Nous avons maintenant à résoudre les mêmes problèmes en ce qui concerne les efforts supportés par les poinçons verticaux V_k et les contre-fiches C_k.

Comme nous avons vu que $C_k = V_k\sqrt{2}$, on n'a à rechercher que les valeurs de V_k qui, comme nous l'avons déjà dit, ne sont autre chose que les réactions *des efforts tranchants* qui se développent au droit des poinçons considérés.

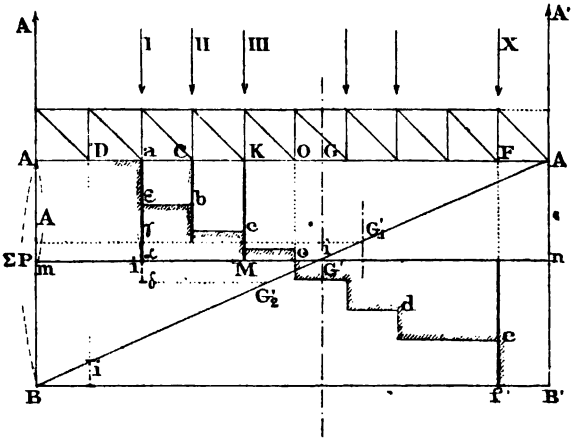


Fig. 21.

Soient AA une poutre *(fig. 21)*; *abcdef*, la polygonale de position; GG', la verticale de gravité. Construisons le rectangle AA'BB'. Soit K,

le nœud pour lequel on cherche V_k. On a vu (page 186) que la valeur qu'il convenait de prendre pour V_k était :

$$V_k = A - (I + II);$$

or :

$$GG' = A;$$

$$V_k = KM - KC = CM,$$

résultat qui pouvait se voir *a priori*.

Supposons fixes les charges : la polygonale de position GG, G′ et *mn* seront invariables.

Examinons les efforts des différents poinçons :

De A en *a*, l'effort sera constant et égal à la réaction A ;

De *a* en *o*, ces efforts iront en diminuant, en conservant leur signe ;

De *o* en F, après avoir changé de signe, ils iront en augmentant jusqu'en F, où la valeur est égale à la réaction A′ ;

De F en A′, ils conserveront la valeur constante A′.

Il importe de bien remarquer :

1° Que pour une position quelconque des forces, il se développe deux séries d'efforts :

Les uns positifs (compression) *à gauche* de GG′ ;

Les autres négatifs (tension) *à droite* de GG′.

Les plus grandes valeurs de ces efforts étant respectivement les réactions A et A′.

2° Réciproquement. — Pour chaque montant vertical, il existe deux positions de la figure mobile : *l'une donnant le maximum de compression ; l'autre, le maximum de tension.*

Maxima relatifs. — Arrivons maintenant aux *charges roulantes*. D'après ce que nous venons de dire, il faut examiner la variation des efforts à gauche de GG (compression), puis celle des efforts à droite (tension).

1° Poinçons a gauche de GG′. — Considérons le nœud *a (fig. 21)*, où est appliquée *la première charge* I.

L'effort supporté par le montant *a* est : $V_a = a\alpha$. Supposons que l'ensemble des forces se déplace *à droite* d'une quantité égale à un panneau, c'est-à-dire que la charge I vienne de *a* en C. Dans ce mouvement, G′ vient G'_1. L'effort supporté par le poinçon *a*, dans cette nouvelle position des charges, est : $V'_a = a\gamma$. On a évidemment $V'_a < V_a$. Donc : *tout mouvement à droite a pour*

conséquence de diminuer l'effort supporté par la barre située au-dessous de la première charge.

Nous désignerons par i la *distance verticale constante* dont se déplace le point G′, pour un cheminement égal à un panneau $\alpha\gamma = i$.

Déplacement à gauche. — Supposons que la première charge I vienne à l'aplomb du nœud D qui précède a, G′ vient en G'_1.

L'effort V''_a correspondant à la nouvelle position des charges est:

$$V''_a = \varepsilon\delta = a\alpha + \alpha\delta - I.$$
$$V''_a = V_a + (i - I).$$

Si donc on a : $i < I$, *c'est la première charge qui, en passant au-dessus d'un nœud, provoque, dans le poinçon correspondant, l'effort maximum.*

Mais si : $i > I$, on a : $V''_a > V_a$,

on devra alors essayer encore en déplaçant d'un panneau à gauche : il y aura accroissement, si

$$2i > I + II\ldots,$$

et ainsi de suite. On déterminera immédiatement à laquelle des forces on doit avoir affaire, si on remarque que les valeurs i, $2i$, $3i\ldots$, sont les longueurs verticales comprises entre AA′ et la diagonale AB′.

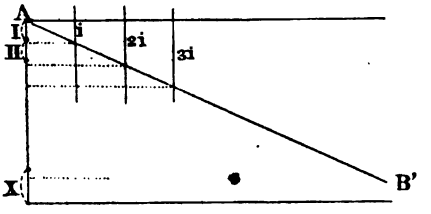


Fig. 22.

Sur la figure 22 :

Les verticales I, II..., représentent *les accroissements ;*

Les verticales i, $2i\ldots$, représentent *les diminutions* ;

Et la différence $2i - (I + II)$, *l'augmentation réelle.*

C'est évidemment à la plus grande augmentation réelle qu'il conviendra de s'arrêter, c'est-à-dire que la force M qui *conduit la figure mobile* sera celle qui, occupant le rang m par rapport à I, rend maximum la différence $mi - (I + II + \ldots + M)$.

La valeur de i est d'ailleurs :

$$i = \frac{1}{n}\Sigma P = \frac{AB}{n},$$

n étant le nombre des panneaux : i représente aussi la variation des réactions A et A′, quand l'ensemble des charges se déplace d'un panneau.

2° Poinçons a droite de GG'. — *Tension.* — En répétant ce raisonnement pour le poinçon où est appliquée la dernière charge X, on verrait que cette charge *conduit* la figure mobile pour la recherche des V négatifs, si $X > i$; si cela n'a pas lieu, c'est le passage de la force à laquelle correspond la plus grande augmentation *(fig. 22)* qui donnera la tension maximum dans le poinçon considéré.

C'est en partant du point B et de la dernière charge X *(fig. 22)* que l'on devra faire cette recherche.

Maximum absolu. — Il a lieu lorsque la force que nous venons de déterminer passe au-dessus d'un point d'appui.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Reprenons l'exemple numérique (page 197).

On voit d'abord que $i = \frac{7\,t}{10} = 0{,}70\,t$ est plus petit que I ; il en est de même de $2i < \mathrm{I} + \mathrm{II}\ldots$, etc. C'est donc la *première charge* qui conduit la figure mobile pour la recherche des compressions.

Valeurs positives ou maxima (A). — On calcule ou on mesure d'abord maximum V_1, comme il a été dit page 186, on en déduit les autres, sachant que l'un d'eux diffère du précédent de la quantité $i = 0{,}70\,t$.

Compression + :

$$\begin{cases} \max V_1 = 5{,}3\,t & = 5{,}3\,t. \\ \max V_2 = 5{,}3\,t - 0{,}70\,t & = 4{,}6\,t. \\ \max V_3 = 4{,}6\,t - 0{,}70\,t & = 3{,}9\,t. \\ \max V_4 = 3{,}9\,t - 0{,}70\,t & = 3{,}2\,t. \\ \max V_5 = 3{,}1\,t - 0{,}70\,t & = 2{,}5\,t. \\ \max V_6 = 2{,}4\,t - 0{,}70\,t & = 1{,}8\,t. \\ \max V_7 = 1{,}8\,t - 0{,}70\,t & = 1{,}1\,t. \\ \max V_8 & = 0{,}5\,t. \\ \max V_9 & = 0{,}1\,t. \end{cases}$$

Les deux dernières valeurs se calculent directement, car, pour les positions correspondantes, les charges *échappent* successivement de la poutre.

Valeurs négatives ou minima (A'). — Ces valeurs, que nous appellerons conventionnellement les *valeurs minima*, se cal-

culent de la même façon, en se servant de la *dernière force* IV, qui conduit la figure mobile.

$$\text{Tension} - \begin{cases} \min V_1 = -0{,}1\,t. \\ \min V_2 = -0{,}4\,t. \\ \min V_3 = -1{,}0\,t. \\ \min V_4 = 1{,}0\,t + 0{,}7\,t = -1{,}7\,t. \\ \min V_5 = 1{,}7\,t + 0{,}7\,t = -2{,}4\,t. \\ \min V_6 = 2{,}4\,t + 0{,}7\,t = -3{,}1\,t. \\ \min V_7 = 3{,}1\,t + 0{,}7\,t = -3{,}8\,t. \\ \min V_8 = 3{,}8\,t + 0{,}7\,t = -4{,}5\,t. \\ \min V_9 = 4{,}5\,t + 0{,}7\,t = -5{,}2\,t. \end{cases}$$

Ces deux tableaux montrent que tous les poinçons verticaux subissent, du fait des charges roulantes, *alternativement*, des efforts de compression et de tension et donnent les limites de ces efforts.

Mais, en pratique, il faut tenir compte des efforts permanents dus au poids mort supporté par la poutre qui, en s'ajoutant algébriquement aux précédents, modifient ces valeurs limites et peuvent en changer le signe.

Ainsi, supposons que la poutre que nous étudions supporte un poids mort uniformément réparti de *1 tonne* par mètre courant, il en résultera, pour les poinçons, des efforts permanents v :

$$\text{Premier groupe Compression} + \begin{cases} v_1 = +9\,t. \\ v_2 = +7\,t. \\ v_3 = +5\,t. \\ v_4 = +3\,t. \\ v_5 = +1\,t. \end{cases}$$

$$\text{Deuxieme groupe Tension} - \begin{cases} v_6 = -1\,t, \\ v_7 = -3\,t, \\ v_8 = -5\,t. \\ v_9 = -7\,t. \end{cases}$$

En superposant les actions des forces, on a les résultats inscrits dans le tableau suivant:

	MAXIMA		MINIMA	
5,3 + 9 =	+ 14,3 t	V_1	+ 8,9 t	= − 0,1 + 9
4,6 + 7 =	+ 11,6 t	V_2	+ 6,6 t	= − 0,4 + 7
3,9 + 5 =	+ 8,9 t	V_3	+ 4 t	= − 1 + 5
3,2 + 3 =	− 6,2 t	V_4	+ 1,3 t	= − 1,7 + 3
2,5 + 1 =	+ 3,5 t	V_6	− 1,4 t	= − 2,4 + 1
1,8 − 1 =	+ 0,8 t	V_5	− 4,1 t	= − 3,1 − 1
1,1 − 3 =	− 1,9 t	V_7	− 6,8 t	= − 3,8 − 3
0,5 − 5 =	− 4,5 t	V_8	− 9,5 t	= − 4,5 − 5
0,1 − 7 =	− 6,9 t	V_9	− 12,2 t	= − 5,2 − 7

Ces résultats montrent qu'à part les poinçons médians V_5 et V_6, les efforts V varieront, *mais garderont toujours le même signe*, pour un poinçon déterminé.

Contre-fiches ou diagonales.

Il suffit de rappeler la formule :

$$C_k = V_k\sqrt{2},$$

dans laquelle on remplacera V par les doubles valeurs tirées du tableau précédent.

V

Poutre Warren.

Cette poutre représentée *(fig. 23)* n'a pas de montants verticaux, par conséquent pas de panneaux comme nous les avons définis. Les méthodes que nous avons indiquées — *(ligne fondamentale, barème, surface représentative)* — n'en sont pas moins applicables.

On numérotera, dans l'ordre de leur rencontre, en partant de A, les nœuds 0,1,2,3, ... n, où sont appliquées les charges P_1,P_2,P_3, ... P_{n-1} et on désignera par (1), (2), (3) ... les brides opposées aux nœuds.

Ceci fait, on complétera la poutre Warren par des lignes pointillées, comme il est fait figure 23, de façon à la transformer en une poutre *fictive* en N dont le rang des panneaux seront précisément 1,2,3, ... n, et on appliquera le principe suivant :

1° *Une bride* (K) *de la poutre Warren*, opposée au nœud *k*, *supporte le même effort que la bride de rang* k *de la poutre fictive en* N. En effet, coupant la figure par la section TT. Considérons la poutre

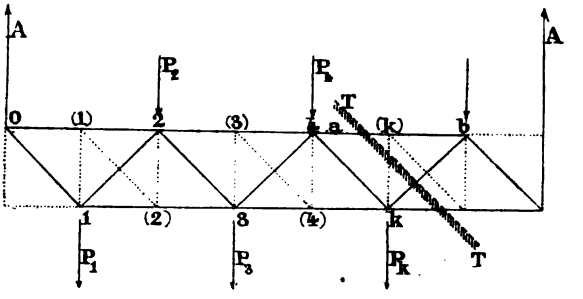


Fig. 23.

Warren seule et appliquons le théorème des moments en prenant pour centre le nœud *k*, on a :

(1) $$(K) \times h = m_k^i G$$

En désignant par G toutes les forces à gauche de TT (y compris A) et par *h* la hauteur de la poutre.

Si on considère la poutre fictive N dont la bride *ak*, de rang *k*, est coupée TT, on a :

(2) $$S_k \times h = m_k^i G.$$

On en conclut :

$$(K) = S_k.$$

Comme on sait calculer S_k, le problème est résolu.

2° *Une contre-fiche* C_k *de la poutre Warren aboutissant au nœud* k, *supporte le même effort que la contre-fiche* C_k *de la poutre fictive en* N.

L'expression $S_k \times h = m_k^i G$ ou :

$$S_k = \frac{1}{h} m_k^i G,$$

montre que, pour les brides, on a intérêt à faire *h* aussi grand que possible.

Du reste, du fait de l'accroissement de hauteur, les efforts V ne varient pas, et les efforts C diminuent (la largeur des panneaux restant constante), mais l'économie réalisée par l'augmentation de hauteur sera réduite, même annulée, par l'augmentation de longueur des pièces V et C et aussi par l'augmentation de section que nécessiteront les pièces comprimées devenues plus longues. Un bon choix du type et une discussion judicieuse s'imposent donc pour arriver à la plus grande économie du métal.

Contre-fiches inclinées d'un angle quelconque α.

Jusqu'à présent, nous n'avons considéré que des poutres où les contre-fiches sont inclinées à 45° : c'est le cas le plus fréquent. Il peut cependant arriver que l'on ait affaire à des barres dont l'inclinaison sur la verticale soit un angle α. Les panneaux ne sont plus alors des carrés de côtés égaux à h, mais des rectangles.

Voyons ce que deviennent dans ce cas les différentes méthodes que nous avons étudiées.

1° *Triangles fondamentaux* (page 175, *fig. 5*).

Dans ce cas, la ligne bGb'' prend l'inclinaison α et l'on a toujours :

$$S_k = \Sigma_1^k h.$$

2° *Ligne fondamentale.* — La réduction à la ligne fondamentale AGA′ était basée sur ce que l'on avait, dans le cas de $\alpha = 45°$, des triangles *rectangles isocèles*, tels que AbG donnant à chaque instant *(fig. 5)* AB = AG ou :

$$h_1 = \text{AG}.$$

Avec l'inclinaison α, on a :

$$\text{A}b = \text{AG}\operatorname{tg}\alpha,$$

$$h_1 = \text{AG}\operatorname{tg}\alpha,$$

et par suite :

$$S_k = \operatorname{tg}\alpha \Sigma_1^k h.$$

On opérera donc comme il a été dit et on multipliera tous les résultats par $\operatorname{tg}\alpha$.

3° *Barème.* — Le barème n'étant que l'expression analytique de la formule précédente $S_k = \Sigma_1^k h$, établie avec la condition $\alpha = 45°$, il faudra également, pour le cas général, *multiplier tous les résultats par le coefficient* $\operatorname{tg}\alpha$.

4° *Surface représentative.* — L'expression de S_k est comme on sait :

$$S_k = \frac{1}{h} m_k' G,$$

G représentant toutes les forces à gauche de k (y compris A).

On sait d'ailleurs que la surface représentative mesure dans tous les cas $m_k'G$ On a donc :

$$S_k = \frac{1}{h} \text{surf.}$$

Cette surface s'évaluera en unités ordinaires : *mètres*, pour les *longueurs* horizontales, *tonnes* peur les *hauteurs* verticales, et *exprimera des tonnes*.

Montants verticaux et contre-fiches.

1° Les efforts dans les montants verticaux se déterminent *a priori* sur le croquis de la poutre, comme nous l'avons dit;

2° Du fait de l'inclinaison α des contre-fiches sur ces montants verticaux, la relation qui lie V_k et C_k est $V_k = C_k \cos \alpha$.

On calculera donc facilement $C_k = \frac{V_k}{\cos \alpha}$.

Les contre-fiches ont toutes des inclinaisons différentes sur la verticale.

Ce qui revient à dire que la poutre droite est formée de panneaux inégaux. Ce cas ne se présentera pour ainsi dire jamais dans la pratique et ne peut être considéré que comme théorique.

Ligne fondamentale et barème. — Soient : h_m, l'ordonnée correspondant au nœud m, α_m, l'inclinaison de la contre-fiche au nœud m, on aura :

$$S_k = \Sigma_1^k (h_m \operatorname{tg} \alpha_m).$$

Surface représentative. — Elle conserve tous ses avantages, car sa construction tient compte de l'écartement des poinçons. C'est à elle qu'il faudrait donner la préférence :

$$S_k = \frac{\text{surf}}{h}.$$

Poinçons et contre-fiches. — On déterminera de suite V_k, d'où l'on conclura :

$$C_k = \frac{V_k}{\cos \alpha_k}.$$

Poutres composées.

Ces poutres sont constituées par la juxtaposition des poutres simples.

Pour les calculer, on les décomposera en éléments ou poutres

simples, que l'on calculera séparément en affectant à chacune d'elles les charges que cette décomposition a séparées.

On superposera les efforts pour les barres qui sont communes aux poutres élémentaires.

Telles sont les méthodes que nous tenions à faire connaître.

Elles sont simples et n'entraînent, pour ainsi dire, à aucun calcul. Les épures se réduisent à la construction d'un rectangle avec ses diagonales, et ne se surchargeront jamais de lignes auxiliaires, de sorte que les résultats apparaîtront sans confusion.

Elles donnent la solution rigoureusement exacte de tous les problèmes qui nécessiteraient des tracés difficiles à exécuter, tant à cause des nombreuses parallèles à mener que des courbes à construire, et dont les mesures sont souvent incertaines.

Elles ont encore, à nos yeux, l'avantage de faire ressortir bien nettement le jeu des efforts qui se produisent ; en particulier celui des barres secondaires (C et V), la figure mobile montrant les variations de ces efforts et indiquant la présence simultanée d'actions positives et négatives. Elles mettent donc en évidence la nécessité d'apporter le plus grand soin au calcul de ces pièces, et d'avoir toujours présent à l'esprit, lors de leur détermination, les lois de *Wöhler*, qui disent en substance :

1° *La répétition d'efforts de même nature* (compression ou tension) *abaisse le coefficient de rupture, par suite celui de sécurité ;*

2° *La répétition d'efforts de nature contraire* (compressions suivies de tensions) *diminue le coefficient de sécurité.*

A défaut de *formules théoriques*, il conviendra de faire le calcul des sections en se servant des *formules empiriques* de *Wöhler*, ou encore celles de *M. Séjourné*. C'est, en l'absence de méthodes tenant compte de l'état de mouvement *(état dynamique)*, une précaution que les ingénieurs ne doivent pas négliger et dont l'omission est probablement la cause de la ruine de certains ouvrages. En effet, nous ne serions pas éloigné de croire que beaucoup ont péri par la rupture des poinçons ou contre-fiches de la partie médiane qui, de fait, supportent des efforts moindres, mais aussi subissent le plus grand écart de tension et compression comme le montre l'exemple que nous avons traité page 205.

Ce sont, à notre avis, les *pièces critiques* des poutres à treillis.

TROISIÈME PARTIE

GÉNÉRALISATION A TOUTE ESPÈCE DE POUTRES ET DE FERMES

L'étude que nous nous sommes proposée pourrait se terminer au paragraphe précédent; mais nous sommes naturellement conduit à généraliser la méthode.

En effet, les résultats obtenus sont les conséquences des relations qui lient les côtés des triangles qui constituent l'*épure Crémona (fig. 3 et 4)*, triangles qui sont semblables à ceux qui forment le *frame* de la poutre, et par suite sont *rectangles et isocèles.* Les relations qui existent entre les côtés ou forces qu'ils représentent sont donc évidemment *très simples.*

Si la poutre considérée est *quelconque*, c'est-à-dire constituée par un *frame quelconque*, les triangles réciproques n'en existeront pas moins, mais les relations qui lieront leurs côtés seront naturellement *moins simples.*

La méthode pour la généralisation apparaît donc d'elle-même :

Rechercher et interpréter les nouvelles relations correspondant aux précédentes.

Il y en a quatre, comme nous l'avons vu.

I

Poutres et fermes à treillis.

Nous classerons les poutres en deux genres :

Genre N... ou poutres ayant des montants verticaux les divisant en panneaux.

Genre Warren, dans lesquelles il n'y a pas de montants verticaux.

Poutres et fermes en N.

La simplicité des procédés exposés résulte, avons-nous dit, de la facilité avec laquelle on détermine S_k et V_k et par suite $I_k = S_{k-1}$, $C_k = V_k\sqrt{2}$.

Voici, dans le cas général, comment on déterminera ces valeurs.

1° Détermination de S_k. — Soit une poutre quelconque à treillis représentée par la figure 24.

Considérons deux panneaux consécutifs.

Coupons par la section TT, rencontrant les barres S_k, V_k, I_{k+1}.

Appliquons le théorème des moments en prenant pour centre le point K.

Soit h_k, la hauteur du triangle ayant *ak* pour base.

On a :

$$S_k \times h_k = m'_k G,$$

en désignant par G l'ensemble des forces à gauche de TT (y compris A) :

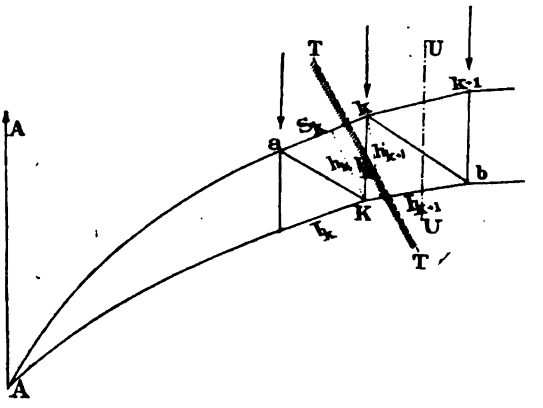


Fig. 24.

$$(1) \qquad S_k = \frac{1}{h_k} \cdot m'_k G.$$

Or, nous avons vu que, d'une *façon absolument générale*, $m'_k G$ pouvait se représenter par une surface que nous avons appris à évaluer.

Le problème de la détermination de S_k se trouve donc résolu, car h_k se lit sur le dessin de la ferme proposée; c'est *une donnée* du problème.

2° Détermination de I_k. — Considérons la section UU *(fig. 24)*, rencontrant S_{k+1}, C_{k+1}, I_{k+1}, et prenons les moments par rapport à *k* :

$$I_{k+1} \times h'_{k+1} = m'_k G,$$

en désignant par h'_{k+1}, la hauteur du triangle dont K*b* est la base, à cause de la relation (1) :

$$I_{k+1} \times h'_{k+1} = S_k \times h_k,$$

$$(2) \qquad I_{k+1} = \frac{h_k}{h'_{k+1}} \times S_k.$$

Si les deux hauteurs h_k et h'_{k+1} sont égales :

$$I_{k+1} = S_k.$$

C'est ce qui a lieu pour les poutres à membrures parallèles.

Autre relation entre S_k, I_{k+1} et les longueurs s_k et i_{k+1}.

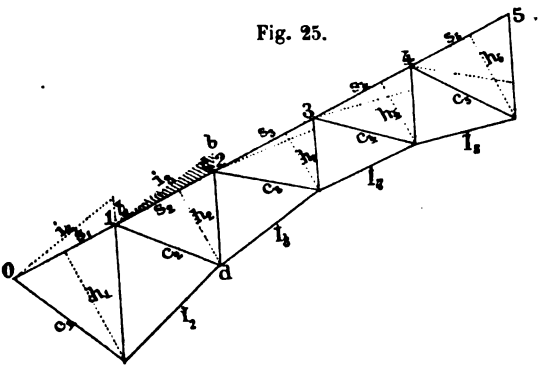
Cette relation est :

(2 *bis*) $$\frac{S_k}{I_{k+1}} = \frac{s_k}{i_{k+1}},$$

elle est la conséquence du *parallélisme des montants verticaux.*

Pour l'établir, nous considérerons un cas particulier, celui d'une ferme représentée par la figure 25.

Fig. 25.



Ce que nous disons étant général, la démonstration le sera aussi.

Toutes les longueurs dont nous aurons besoin, nous les prendrons sur le dessin de la poutre, ces longueurs constituant les données du problème ; telles seront :

s_1, s_2, s_3. . . longueurs des brides supérieures,
c_1, c_2, c_3. . . — contre-fiches,
v_1, v_2, v_3. . . — poinçons,
h_1, h_2, h_3. . . hauteur des triangles.

On construira en premier lieu la polygonale AMO *(fig. 26)* dont les vecteurs verticaux représentent les forces que supporte la ferme, et qui limitent les *surfaces représentatives* des valeurs de m'G.

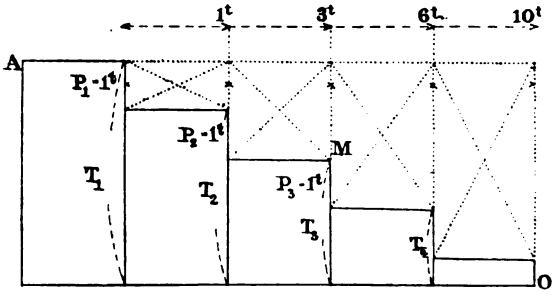


Fig. 26.

Si l'épure Crémona était exécutée et qu'on l'eût sous les yeux, on verrait que l'un des vecteurs, V_2 par exemple, est imité par les droites S_2 et $I_{2+1} = I_3$. Ces droites partent, l'une, S_2, du point (2) *(fig. 27)* qui sépare P_1 de P_2 et qui est l'origine de P_2 ; l'autre, I_3, du point G, qui sépare les deux réactions A et A', lesquelles comprennent la bride I_3 *(fig. 25)*, de sorte que :

$$(G \,.\, 2) = T_2 = \text{effort tranchant},$$

dont la valeur est donnée de suite par les ordonnées de la figure 26, qui donne aussi le m'_1G à introduire dans l'expression (1).

Considérons maintenant le quadrilatère (2)αβG, tiré de l'épure *Crémona*. Menons *(2)a* parallèle à Gβ.

On a :

$$B\alpha = G\beta = I_3.$$

Menons de même par le point (1) de la figure 25, la ligne (1)*b* parallèle à I_3.

Appelons i_3 cette longueur $i_3 = (1)b$,

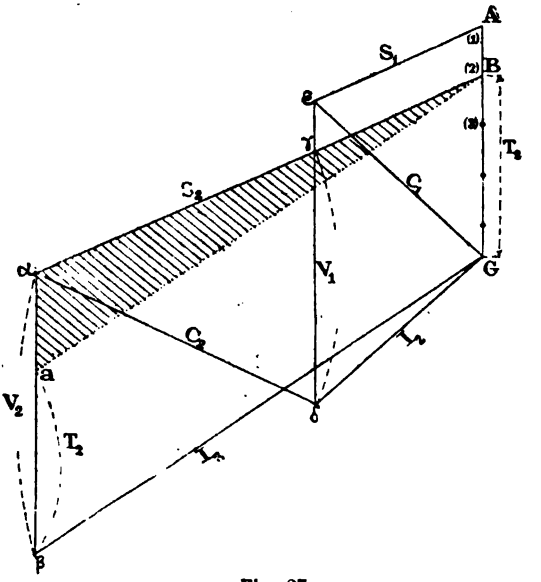


Fig. 27.

Les triangles (1)(2)*b* *(fig. 25)* et B*xa* *(fig. 27)* sont semblables et donnent :

$$\frac{I_3}{S_2} = \frac{i_3}{s_2} \qquad I_3 = S_2 \cdot \frac{i_3}{s_2},$$

en généralisant :

(2 *bis*) $$I_{k+1} = \frac{i_{k+1}}{s_k} \times S_k.$$

Remarque. — Dans le cas de membrures parallèles $i_{k+1} = s_k$, on retrouve :

$$I_{k+1} = S_k.$$

Comme : $$S_2 = \frac{1}{h_2} \times m'_2G$$

$$I_3 = i_3 \frac{m'_2G}{s_2 \times h_2}$$

$s_2 \times h_2 = 2 \times$ surface triangle (1)(2)*d*.

Dans la pratique, les valeurs de s seront souvent égales entre elles et il vaudra mieux employer la formule (2 *bis*), d'autant plus que le triangle (1)(2)*b* va encore nous servir pour le calcul de V_2.

3° **Détermination de V_k.** — Le quadrilatère (2)$\alpha\beta$G *(fig. 27)* tiré de l'épure *Crémona* montre que :

$$V_2 = \alpha\beta = \alpha a + a\beta = \alpha a + T_2,$$

T_2 se lit sur la figure 26.

Les deux triangles semblables αa(2) et (1)(2)b donnent :

$$\frac{\alpha a}{S_2} = \frac{(2)b}{s_2},$$

d'où :
$$\alpha a = S_2 \times \frac{(2)b}{s_2};$$

et alors :
$$V_2 = T_2 + S_2 \times \frac{(2)b}{s_2};$$

d'une façon générale :

(3)
$$V_k = T_k + S_k \frac{t_k}{s_k},$$

en désignant par t_k le côté analogue à $(2)b = t_2$.

Comme :
$$S_2 = \frac{1}{h_2} \times m'_2G$$

$$V_2 = T_2 + t_2 \frac{m'_2G}{s_2 h_2}$$

$$= T_2 + t_2 \times \frac{\text{surf}}{2 \text{ trian}}.$$

On voit que αa *est positif, si* a *tombe au-dessous de* α, ou, ce qui revient au même, *si* b *tombe au-dessus de* (2) *(fig. 25).*

αa *est négatif dans le cas contraire.*

Remarque. — Si I_3 et S_2 sont parallèles, $\alpha a = 0$, et on retrouve :

$$V_k = T_k.$$

(Voir la remarque, page 187, pour la détermination *a priori* de T_k.)

4° **Détermination de C_k.** — En revenant à l'épure *Crémona* et considérant le vecteur C_2 *(fig. 27)* limité aux droites S_2, I_2, on a le triangle $\alpha\gamma\delta$ qui est semblable au triangle (1)d(2) de la figure 25 :

$$\frac{C_2}{c_2} = \frac{\gamma\delta}{(2)d}$$

en posant :
$$c_2 = (1)d$$

$$\frac{C_2}{c_2} = \frac{\gamma\delta}{v_2}.$$

or : $$\gamma\delta = \delta\varepsilon - P_1$$
$$\gamma\delta = V_1 - P_1;$$

d'où : $$C_2 = \frac{c_2}{v_2}(V_1 - P_1).$$

En général :

(4) $$C_k = \frac{c_k}{v_k}(V_{k-1} - P_{k-1}).$$

Remarque. — Dans le cas où les membrures sont horizontales :

$$V_{k-1} = T_{k-1}$$

comme : $$T_{k-1} - P_{k-1} = T_k, = V_k$$

et qu'alors : $$\frac{c_k}{v_k} = \frac{1}{\cos \alpha_k}$$

on retrouve encore : $$C_k = \frac{V_k}{\cos \alpha_k}.$$

Nous avons ainsi établi les quatre relations générales correspondant à celles dont nous nous sommes servi pour l'étude des poutres droites à treillis.

Ces expressions sont naturellement un peu moins simples; mais, si l'on remarque que la figure 25 est la seule qu'il soit nécessaire de *dessiner exactement*, — ce qui est d'ailleurs une *obligation pour la construction*, — que cette figure ne sera jamais plus compliquée qu'elle ne l'est ici, même dans le cas de *charges roulantes*, et que les lignes dont on a à se servir se détachent bien, sans confusion, on trouvera encore à l'emploi de cette méthode une notable simplification.

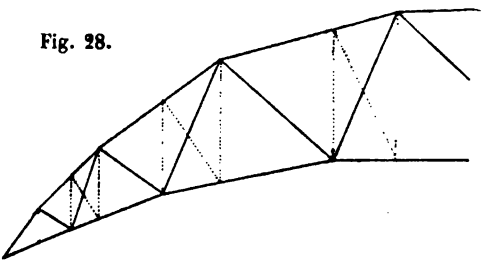
Poutres genre Warren *(fig. 28)*.

Ces poutres n'ont pas de montants verticaux, c'est-à-dire pas de panneaux tels que nous les avons définis.

On ramènera leur calcul à celui d'une poutre fictive, *genre* N, en procédant comme il a été dit à propos des poutres droites (page 207).

Nous n'y reviendrons pas ici.

Fig. 28.



II

Poutres à âme pleine.

Le calcul de ces poutres, que l'on pourrait considérer comme *la limite* des poutres à treillis dont l'inclinaison α des diagonales tend et arrive à zéro, se fait au moyen de la formule :

$$R = \frac{v\mu}{I}$$

dans laquelle μ n'est autre que le $m'G$:

$$R = \frac{v}{I} \times m'G;$$

donc : *quel que soit le problème proposé* (charges fixes ou roulantes), *pour une poutre à âme pleine* (de section constante ou non), *on déterminera la valeur de* μ *au moyen des* surfaces représentatives *et on introduira ces valeurs dans la formule :*

$$R = \frac{v\mu}{I}.$$

Tels sont, dans toute leur généralité, les méthodes et procédés nouveaux que nous proposons pour le calcul des poutres reposant librement sur deux appuis.

CHRONIQUE

N° 188

Sommaire. — Origine du transport des voyageurs sur les chemins de fer. — La grande roue Ferris de Londres. — Le dasymètre. — Emploi du tirage mécanique pour les chaudières à vapeur. — Vitesses réalisées sur les chemins de fer.

Origine du transport des voyageurs sur les chemins de fer. — On sait que les voies ferrées n'eurent pas pour objet à leurs débuts le transport des voyageurs. M. Clément E. Stretton, l'infatigable historien des chemins de fer, que nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de citer, a donné, dans le numéro du 17 mai dernier de l'*English-Mechanic*, d'intéressants détails sur les premières tentatives faites pour le transport des voyageurs sur les chemins de fer anglais.

On s'est souvent demandé quand a commencé le transport des voyageurs sur les chemins de fer et on a donné à ce sujet des renseignements très contradictoires parce que la question était posée d'une manière trop vague. Pour obtenir une solution satisfaisante, il est nécessaire de diviser la question et d'envisager séparément les trois points suivants :

1° Transport de personnes au moyen de locomotives sur des lignes privées ;

2° Transport public de voyageurs par trains mixtes, c'est-à-dire dans des véhicules attachés à des trains de charbon ou de marchandises ;

3° Transport des voyageurs dans des trains uniquement destinés à cet effet.

Sur le premier point, il n'y a aucun doute que le premier exemple du transport de personnes dans des véhicules trainés par une locomotive sur des rails remonte au 24 février 1804, jour où la locomotive de Trevithick fit un trajet de 15 *km* sur le chemin de fer à rails plats ou *tram-road* de Pennydarran.

Pour porter du bois ou de longues barres de fer on se servait de wagons plats avec bords attelés deux à deux et portant des traverses à pivot sur lesquelles on plaçait les pièces de bois ou les barres de fer, à peu près comme dans nos wagons à bois.

Ces wagons portaient 10 *t* de fer et, dans ce trajet, 70 personnes étaient debout ou assises sur les barres de fer. C'est le premier exemple de transport de personnes par chemin de fer; mais, comme elles avaient évidemment été invitées ou tout au moins tolérées, on ne saurait les assimiler à de véritables voyageurs.

En 1808, Trevithick établit près de Euston Square, sur l'emplacement actuel de la station du London and North-Western, un chemin de fer circulaire sur lequel sa locomotive *Catch-me-who-can* circulait à la vitesse de 20 à 25 *km* à l'heure et trainait des voitures portant le public à

raison de 1,25 *f* par personne. C'est le premier exemple d'un transport public de voyageurs sur chemin de fer, mais à titre seulement d'expérience ou de curiosité, et non pour un trajet réel. Nous avons donné, il y a quelques années, dans une de nos chroniques, des détails très complets sur cette expérience qui a un grand intérêt au point de vue de l'histoire des chemins de fer.

En août 1812, John Blenkinsop, propriétaire de la houillère de Middleton, près Leeds, installa sur son chemin de fer une locomotive construite par Mathieu Murray, de Leeds. Il avait un petit véhicule couvret pour circuler sur la ligne, lui et ses employés.

Pour amener les ouvriers de Leeds à la houillère, sise à 5 ou 6 *km*, la locomotive partait tous les matins à 5 heures et demie avec un train de wagons vides sur lesquels montaient les ouvriers et ils revenaient à six heures du soir avec un train chargé de charbon en se plaçant comme ils pouvaient sur le chargement. Ce mode d'opérer s'est conservé jusqu'à l'époque actuelle sur cette ligne, sans aucun changement.

La première locomotive de George Stephenson, portant le nom de *Blucher*, fut essayée pour la première fois sur le chemin de fer de la houillère de Kenilworth le 25 juillet 1814 et, deux jours après, elle remorqua sur toute la longueur de la ligne un train de wagons. Lord Ravensworth et plusieurs de ses amis se trouvaient dans ces wagons et en présence du succès complet de l'expérience, le noble lord donna ordre que la caisse d'une de ses voitures à quatre chevaux fût séparée de ses roues et mise sur un châssis porté par des roues à boudins. Ce premier véhicule à voyageurs servit pendant une vingtaine d'années et lord Ravensworth et les directeurs de la mine en firent toujours usage pour circuler sur la ligne.

En 1817, le duc de Portland suivit cet exemple et fit installer une de ses voitures sur le tram-road de Kilmarnock à Troon qui lui appartenait; mais cela ne réussit pas, parce que les plaques de fonte formant la voie étaient trop faibles pour le poids de la locomotive et le duc vendit la machine et la voiture au chemin de fer de Glocester à Cheltenham.

Si nous examinons maintenant le second point : transport du public par trains mixtes, on constate que, le chemin de fer de Stockton à Darlington ayant été ouvert le 27 septembre 1825, les trains traînés par la locomotive *Locomotion* étaient composés de wagons de charbons et d'une voiture à voyageurs qui portait le nom d'*Experiment*.

Ce véhicule était porté sur quatre roues; il avait une porte à chaque extrémité et trois fenêtres de chaque côté; il y avait deux banquettes longitudinales contre la paroi et une longue table fixe au milieu.

Pendant une dizaine de jours, cette voiture circula, mais les retards amenés par les manœuvres des trains et les croisements étaient tels que les diligences ordinaires mettaient généralement une heure de moins que le chemin de fer pour faire le trajet. Le transport des voyageurs, qui n'avait jamais été considérable, devint nul et la Compagnie, abandonnant cette branche de trafic, vendit l'*Experiment* à un entrepreneur qui la fit traîner par des chevaux en payant un droit de circulation au chemin de fer.

Cet arrangement dura plusieurs années et la traction des voyageurs

par locomotive ne fut reprise sur cette ligne que lorsque les chemins de fer de Canterbury à Whitetable, Liverpool à Manchester et Leicester à Swanvington eurent été livrés à l'exploitation.

La première de ces lignes fut ouverte le 3 mai 1830; elle était exploitée avec des machines fixes sur les parties en rampe et avec la locomotive *Invicta* sur les parties en palier. Il y avait des trains mixtes, une et quelquefois deux voitures à voyageurs étaient attachées aux trains.

On voit que jusqu'ici il n'avait pas été établi de trains de voyageurs. Le 15 septembre 1830, à l'inauguration officielle du chemin de fer de Liverpool à Manchester, il circula en procession partant de Liverpool huit trains attelés de locomotives et contenant environ 600 personnes. Le lendemain 16 septembre fut ouvert le service régulier des voyageurs et plusieurs trains uniquement affectés à cet objet circulèrent journellement à partir de cette date entre les deux villes. Ce fait est donc la réponse au troisième point indiqué plus haut et on peut faire remonter au 16 septembre 1830 la date de l'introduction du transport public des voyageurs sur les chemins de fer par des trains uniquement affectés à ce service.

La grande roue Ferris de Londres. — Nous avons, dans une précédente chronique, donné quelques détails sur la grande roue qu'on projetait de construire à Londres à l'imitation de celle qui avait eu un si grand succès à l'Exposition de Chicago.

Cette roue est aujourd'hui terminée et nous croyons intéressant de donner sur cet ouvrage, qui diffère notablement de celui qui l'a précédé, quelques renseignements que nous trouvons dans les journaux anglais.

Cette roue, installée à Earl's Court dans le quartier de Kensington, a sa partie supérieure à 91,50 *m* au-dessus du sol, tandis que, pour celle de Chicago, la hauteur n'était que de 80 *m* environ. L'axe repose sur deux pylônes formés chacun de quatre piliers en tôle de 1,20 *m* de côté; il est lui-même formé d'un tube d'acier de 25 *mm* d'épaisseur dont la longueur est de 10,65 *m* et le diamètre de 2,13 *m*. Ce tube a été construit dans les ateliers de chaudronnerie de MM. Maudslay et Field, à East Greenwich.

La roue est formée de 40 secteurs ou arcades dont chacune porte un car dont les dimensions sont : longueur 7,20 *m*, largeur 2,75 *m*, hauteur 3,05 *m*, soit à peu près les dimensions des voitures de tramways. Dix de ces cars sont de première classe, avec des garnitures très élégantes, la moitié sont pour fumeurs; les autres moins luxueux sont pour la seconde classe. Chaque car contient 30 personnes, de sorte que l'ensemble peut en recevoir 1 200 à chargement complet.

Il y a d'un côté de la roue huit quais d'embarquement placés à différentes hauteurs et, sur le côté opposé, huit quais de débarquement. On peut donc opérer le chargement complet de la roue avec cinq arrêts, de même pour le débarquement. Un tour complet sans arrêt permet au public de jouir d'une vue très étendue qui comprend le château de Windsor situé à 40 *km* de Londres, à la condition que le temps soit assez clair. Le soir, les cars sont éclairés à l'électricité, de même que la roue

elle-même l'est par une série de lampes à incandescence formant une double circonférence de chaque côté.

Le mouvement est imprimé par deux chaines sans fin pesant chacune 8 *t* et d'une longueur, développée, de plus de 300 *m*, engrenant d'une part avec des roues dentées, fixées sur les bras de la grande roue extérieurement et, de l'autre, sur des roues actionnées par le moteur; les chaines au niveau du sol sont renvoyées horizontalement par des galets de fort diamètre et la partie horizontale est contenue dans un tunnel qui aboutit au bâtiment des machines. Celles-ci sont des moteurs demi-fixes avec le mécanisme sous la chaudière du type Robey, de 50 *ch* chacune.

Bien qu'on emploie les deux chaines à la fois, une seule, ainsi qu'une seule machine, pourrait suffire pour mettre la roue en mouvement.

Une des particularités de l'installation est la suivante : de chaque côté de la roue, sur les supports de celle-ci, sont édifiés des salons de promenade entourés de balcons et communiquant l'un avec l'autre par une galerie qui n'est autre que l'axe creux de la roue, axe dont le diamètre est, comme on l'a indiqué, de plus de 2 *m*. On arrive à ces salons par des ascenseurs dont les piliers de support forment les guides. Ces ascenseurs sont de simples balances d'eau; à cet effet, chaque cage porte à sa partie inférieure un réservoir d'eau qu'on remplit au haut de l'édifice, la cage descendante fait, par l'excès de poids, remonter l'autre cage. Arrivée en bas, la cage se vide dans un réservoir d'où une pompe à vapeur remonte l'eau dans le réservoir supérieur. Les salons, qui contiennent des bars, des jeux de diverses sortes, etc., sont éclairés à l'électricité, ainsi que les accessoires.

Le montage de cette roue a été une opération assez délicate, où l'entrepreneur de la construction, M. Basset, a pu déployer toutes les ressources de son intelligence et de son expérience. On a commencé, une fois les deux pylônes montés, par y installer des échafaudages et un fort treuil roulant sur une poutre transversale posée sur eux. Ce treuil a permis de mettre en place d'abord les supports de l'axe qui ne pesaient pas moins de 11 *t* chacun, puis l'axe lui-même divisé en trois sections pesant près de 20 *t* chacune, qu'on a réunies ensemble et placées sur les supports. Cela fait, les échafaudages ont été enlevés et le montage de la roue proprement dite a été commencé par le montage du premier secteur verticalement sous l'axe; on a ensuite fait tourner celui-ci d'un quarantième de tour pour monter le second secteur à côté du premier et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on ait achevé dix secteurs, c'est-à-dire un quart de la roue. Le poids considérable de la partie déjà montée ne permettait pas de continuer de cette manière; on a dû monter un échafaudage sur le côté nord, et on a pu ajouter ainsi encore dix secteurs formant la moitié de la roue. Le troisième quart a été monté au moyen du même échafaudage en faisant tourner la roue du côté sud à mesure qu'on ajoutait un secteur. Enfin, le quatrième quart a été monté au moyen d'un échafaudage suspendu à des câbles en acier fixés aux parties déjà montées de la roue. L'opération complète a été achevée sans accident, bien que la dernière partie, la plus délicate, ait été gênée par le grand ouragan du 20 mars. Le montage de la roue proprement dite a été ter-

miné le 27 avril par la pose des deux derniers boulons par la femme de l'entrepreneur, Mme Basset, qui, accompagnée de plusieurs autres dames, a eu la hardiesse de se faire hisser en haut de la roue, à 90 *m* du sol, sur une chaise halée par un treuil à vapeur. Il n'y a plus eu après qu'à accrocher les cars et à procéder à l'installation des salons de promenade.

L'étude de la construction a été faite par MM. Basset et Webster et la charpente a été fournie, sauf l'axe dont nous avons parlé plus haut, par la maison bien connue Arrol's Bridge and Roof Company, de Glasgow.

Le dasymètre. — Le dasymètre est un appareil dû à MM. A. Siegert et W. Dürr, de Munich, et servant à apprécier la proportion d'acide carbonique contenue dans les gaz provenant d'un foyer. Il est fondé sur le même principe qu'un appareil qu'on voyait autrefois dans les cabinets de physique et qu'on désignait sous le nom de *baroscope*.

Le dasymètre se compose d'une balance très délicate placée dans une capacité où passent les gaz de la combustion. A une des extrémités du fléau est suspendu un globe de verre d'assez grand volume; à l'autre un poids en cuivre qui équilibre le globe. Les gaz sont filtrés avant de pénétrer dans la boite. Le fléau de la balance porte une aiguille qui se meut sur une échelle graduée. L'appareil marque zéro lorsque la boite ne contient que de l'air et, lorsqu'on y fait passer un courant de gaz, le degré marqué par l'aiguille indique la proportion d'acide carbonique qui existe dans le gaz. Bien ajusté, cet appareil est très sensible et très exact. Appliqué à une chaudière à vapeur, par exemple, il permet au chauffeur de régler son feu et ses chargements de manière à conserver la proportion d'acide carbonique à très peu près constante, c'est-à-dire à éviter l'excès et le manque d'air pour la combustion. On peut adapter à l'appareil un enregistreur, de manière qu'il reste une trace de ses indications. Le dasymètre est assez employé en Allemagne. On trouve sa description complète dans l'ouvrage de Parnicke, dont nous avons donné une analyse à la fin du Bulletin de juin, page 928.

Cet ouvrage décrit également l'appareil de Arndt, dit économètre, qui est employé pour le même objet que le dasymètre. Il se compose d'une balance aux extrémités de laquelle sont suspendus deux ballons de même capacité. L'un est plein d'air à la pression atmosphérique, le ballon n'étant pas fermé; dans l'autre, par une disposition de tuyaux ingénieux, circulent les gaz de la combustion. Le déplacement du fléau de la balance mesuré sur une échelle graduée donne la proportion d'acide carbonique dans les gaz.

Ces appareils sont décrits pages 284 et suivantes de l'ouvrage que nous venons de mentionner. Ils paraissent donner de bons résultats en pratique et des auteurs autorisés les considèrent comme des accessoires aussi indispensables que les manomètres pour une installation un peu importante de générateurs de vapeur.

Emploi du tirage mécanique pour les chaudières à vapeur. — Une communication de M. William R. Roney à la réunion de Montréal de l'*American Society of Mechanical Engineers* développe des

considérations intéressantes sur l'emploi du tirage mécanique pour les générateurs à vapeur.

L'importance d'un bon tirage, naturel ou artificiel, pour la combustion économique est aujourd'hui bien reconnue. Il permet seul de réaliser dans les foyers une température élevée dont l'utilité est surtout appréciable avec les chaudières à petits éléments qui présentent de larges surfaces en contact immédiat avec la flamme et absorbent de suite la plus grande partie du calorique développé. Avec une trop basse température de combustion, les gaz se refroidissent trop vite et la combustion est imparfaite. Une quantité notable de la chaleur passe dans la cheminée.

Pour assurer un accès suffisant de l'oxygène nécessaire pour brûler le combustible, il faut opérer un tirage énergique qu'on réalise soit par l'emploi d'une cheminée, soit par une insufflation d'air sous la grille opérée par un ventilateur ou une soufflerie mécanique quelconque.

Un autre moyen moins employé est l'aspiration des gaz de la combustion par un ventilateur. Bien que ce système remonte très loin (1), ce n'est que depuis peu qu'on en a fait des applications importantes et on a récemment réalisé son emploi avec succès sur de grands navires.

Le *City of Berlin*, de la ligne américaine, a reçu l'année dernière une installation de ce genre, laquelle produit un vide correspondant à 80 *mm* d'eau. Les résultats obtenus n'ont pas encore été publiés.

Le tirage par aspiration a surtout de l'intérêt pour les générateurs munis de réchauffeurs destinés à utiliser la chaleur des gaz avant leur passage à la cheminée.

Il y a très longtemps qu'on emploie, surtout en Angleterre, des appareils de ce genre connus sous le nom d'*economisers*. Leur succès dépend essentiellement du tirage des chaudières et c'est aller à un échec certain que de les installer à la suite de chaudières dont le tirage est juste suffisant. En principe, les cheminées desservant ces installations ne doivent jamais avoir moins de 60 *m* de hauteur et une plus grande élévation est désirable.

L'établissement de ces hautes cheminées entraine des dépenses importantes pour leur construction et un emplacement qui n'est pas négligeable et qui dans les grandes villes représente une valeur considérable. La base d'une cheminée de 75 *m* occupe un carré de 9 à 10 *m* de côté, soit une superficie de 80 à 100 m^2. De plus les gaz doivent arriver à la cheminée avec une température assez élevée, de sorte qu'il faut réduire les surfaces du réchauffeur et se résigner à ne pas tirer tout le parti possible de l'emploi de cet appareil. On éprouve également des difficultés lorsque la cheminée est établie avec les dimensions nécessaires pour un développement de générateurs beaucoup plus grand que ce qu'on a au début; on a alors un tirage très médiocre et de mauvaises conditions de vaporisation. Enfin, il faut tenir compte de la considération contraire, c'est-à-dire de l'impossibilité avec une cheminée donnée de parer à l'augmentation de la puissance des chaudières à moins d'en construire

(1) L'emploi, aux bains Vigier, à Paris, d'un ventilateur aspirant les gaz de la combustion d'un foyer brûlant du bois, cité par Peclet dans son cours, est probablement antérieur à 1830.

une nouvelle. Il n'est pas inutile d'ajouter que le tirage naturel est influencé, souvent dans des proportions importantes, par les variations de l'état de l'atmosphère.

Le coût de l'installation d'un tirage mécanique par aspiration ne dépasse généralement pas les 0,75 à 0,80 de celui d'une cheminée produisant le même effet. Les ventilateurs et la basse cheminée dans laquelle sont évacués les gaz n'exigent pas de fondations. Les réchauffeurs peuvent être établis sur des sommiers posés sur colonnes et l'espace au-dessous est utilisé pour les pompes alimentaires, les condenseurs et autres accessoires. On peut ainsi ménager l'espace.

Le tirage étant absolument indépendant de la température des gaz, on peut refroidir ceux-ci à un point bien inférieur à ce qu'il serait avec une cheminée et utiliser au moyen du réchauffeur cet abaissement de température.

Le tirage mécanique possède une très grande élasticité et se prête à toutes les variations de puissance permanentes ou accidentelles; il n'est pas influencé par l'état de l'atmosphère, et il est certain que son emploi serait de nature à développer celui des réchauffeurs dont on craint de faire usage et qu'on a même souvent abandonnés à cause du tirage insuffisant qui leur faisait donner des résultats défavorables.

Une des objections à l'emploi du tirage mécanique est toujours la crainte d'une dépense trop élevée d'établissement et l'idée erronée d'une absorption considérable de puissance pour la mise en mouvement des ventilateurs.

L'auteur a récemment installé des chaudières à petits éléments d'une puissance collective de 6 000 *ch*, pouvant être portée à 7 500, avec réchauffeurs et tirage par aspiration. La puissance nécessaire pour mouvoir les ventilateurs ne dépasse pas *6 millièmes* de la puissance développée par les chaudières, soit 36 *ch*. Si on considère la dépense de combustible et que celui-ci revienne à 15 *f* la tonne, la dépense pour le tirage pendant l'année représente 2 0/0 du prix qu'aurait coûté une cheminée appropriée à ce service. Il en résulte que tant que l'intérêt de l'argent est supérieur à 2 0/0, il n'y a pas intérêt à se servir d'une cheminée.

Le mémoire décrit avec figures une installation de vingt chaudières à petits éléments disposées en deux files avec les portes des foyers en regard. Ce sont des générateurs Babcock et Wilcox de 375 *ch* chacun.

Au centre sont quatre réchauffeurs entre lesquels sont quatre ventilateurs surmontés de deux courtes cheminées. Deux de ces ventilateurs suffisent à assurer le tirage, de sorte que les deux autres servent de réserve. Les machines qui actionnent les ventilateurs par courroies sont également en double et installées de telle sorte que chacune des machines peut actionner indifféremment tel ou tel des ventilateurs. Les cheminées qui dépassent à peine la toiture sont en tôle d'acier et garnies intérieurement d'un revêtement en briques pour protéger le métal contre l'effet corrosif des gaz à basse température. Des pompes à vapeur prennent l'eau d'alimentation dans des bâches, la font d'abord circuler dans des tuyaux chauffés par la vapeur d'échappement des machines, puis dans les réchauffeurs et la refoulent finalement aux chaudières.

L'installation dont nous venons de parler est celle de la station de

force motrice des tramways de Philadelphie dont la puissance est de 7500 *ch*. On avait prévu à l'origine deux cheminées de 3 *m* de diamètre et 61 *m* de hauteur. La dépense de force motrice pour les ventilateurs a été trouvée de 10 *ch* par 2000 produits par les chaudières soit *un demi pour cent*.

L'auteur donne, dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus dans neuf installations de ce genre établies sous sa direction; on voit que l'économie réalisée sur le réchauffage de l'eau varie de 11 à 19 0/0.

NUMÉRO des INSTALLATIONS	TEMPÉRATURES DES GAZ à l'entrée du réchauffeur	TEMPÉRATURES DES GAZ à la sortie du réchauffeur	TEMPÉRATURES DE L'EAU à l'entrée du réchauffeur	TEMPÉRATURES DE L'EAU à la sortie du réchauffeur	ACCROISSEMENT de TEMPÉRATURE de l'eau	ÉCONOMIE de COMBUSTIBLE pour cent
1	321	271	43	141	93	16,7
2	262	100	29	135	106	19,2
3	287	96	85	151	66	12,0
4	272	160	68	149	81	14,5
5	262	160	88	149	61	11,0
6	240	121	82	146	64	11,5
7	254	143	79	138	59	10,5
8	257	88	68	160	92	16,5
9	282	124	54	156	102	18,1

On peut ajouter aux considérations qui précèdent que, si l'emploi du tirage par aspiration facilite considérablement l'emploi des réchauffeurs d'eau d'alimentation, d'autre part l'addition de ceux-ci à une chaudière est à peu près indispensable pour l'usage de ce mode de tirage, parce que, le refroidissement des gaz réduisant le volume de ceux-ci, on peut avoir des ventilateurs dont l'encombrement n'est pas exagéré, ce qui détruit une des objections faites à l'emploi du tirage par aspiration qui, sans cette précaution, a l'inconvénient d'exiger la mise en mouvement d'un volume de gaz beaucoup plus grand qu'avec le tirage par insufflation.

Vitesses réalisées sur les chemins de fer. — S'il était nécessaire de démontrer une fois de plus que les locomotives actuelles se prêtent à toutes les vitesses que l'état des voies et la sécurité de l'exploitation permettent de réaliser, on en trouverait un nouvel exemple dans le fait suivant rapporté par l'*American Engineer and Railroad Journal*.

Il s'agissait du transport rapide des journaux entre Philadelphie et Atlantic City. Le dimanche 21 avril dernier, un train composé d'une voiture avec compartiment formant fourgon et d'une locomotive type P du Pensylvania R. R. a effectué le parcours entre Camden et Atlantic-City dans les conditions suivantes : départ de Camden à 5 heures 35 minutes 3/4 du matin, arrivée à Atlantic-City à 6 heures 21 1/2 du matin, distance 93,86 *km*, soit une vitesse de 123 *km* à l'heure. Les parcours partiels donnent des vitesses encore plus considérables.

Ainsi, de Liberty-Park à Absecon, distance 80,17 *km*, le train a mis 37 minutes 1/2, ce qui donne une vitesse de 128,3 *km* ; de Berlin à Absecon, distance 57,3 *km*, 25 minutes 3/4, vitesse 133,5 *km* et de Winslow-Junction à Absecon, 40 *km*, 16 minutes, vitesse 133,6 *km* à l'heure. La vitesse la plus considérable observée correspond à 1 mille parcouru en 41 secondes, ce qui donne exactement 39,27 *m* par seconde ou 141,4 *km*, à l'heure. Mais la vitesse moyenne de 123 *km* réalisée sur un parcours de près de 100 *km* est suffisamment remarquable. Elle représenterait le parcours de Paris à Rouen effectué en une heure.

La locomotive et la voiture avaient été prises dans le matériel courant et appliquées au parcours dont il s'agit sans aucune préparation ; la machine avait fait la veille son service habituel. C'est une machine à 2 essieux accouplés, à roues de 1,98 *m* de diamètre, cylindres de 0,483 × 0,610, pression à la chaudière, 12,3 *kg*, pesant en service 55 *t* et brûlant du charbon bitumineux. A la vitesse moyenne de 123 *km* à l'heure, le nombre de tours est par minute de 329 1/2 et la vitesse moyenne des pistons de 6,70 *m* par seconde.

La réalisation de très grandes vitesses sur les chemins de fer n'est point une question de moteurs et, si la sécurité de l'exploitation permettait de les introduire dans le service courant, les locomotives actuelles s'y prêteraient parfaitement pour leur compte.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1895.

Rapports sur les comptes de l'exercice 1895.

Les recettes de l'exercice 1895 se sont élevées à 110 000 *f* en nombre rond dont les gros chapitres sont 61 000 *f* pour les arrérages de rentes, 18 000 pour les cotisations, 13 000 pour l'excédent de recettes reporté de l'exercice précédent et 12 000 *f* pour locations diverses. Les dépenses ont été de 89 000 *f* dont 23 300 pour le bulletin, 17 700 pour les traitements des agents et employés, 16 000 pour les prix, médailles et récompenses, 6 000 *f* pour la bibliothèque, 4 000 pour frais d'expériences, etc. L'excédent des recettes sur les dépenses est de 21 200 *f*.

La fortune de la Société d'Encouragement s'élève au chiffre énorme de 3 574 000 *f*, dont 2 766 000 *f* pour les fonds généraux représentés par la caisse, des valeurs en portefeuille et l'hôtel évalué à 600 000 *f*, et 808 000 pour les fondations représentées par des valeurs.

On sait que la Société d'Encouragement, fondée en 1801, est actuellement dans sa quatre-vingt-quatorzième année d'existence.

Rapport de M. E. SAUVAGE sur les **locomotives articulées compound à quatre cylindres**, de M. A. MALLET.

Cette question a été traitée devant notre Société et nous renverrons à ce sujet au mémoire inséré dans le bulletin de mai 1894, dans lequel ont été puisés, en partie, les éléments du rapport de M. Sauvage.

Rapport de M. A. TRESCA, sur l'**Antheximètre**, de M. Emile PETIT.

M. E. Petit a imaginé un appareil qu'il appelle antheximètre et qu'il applique à l'essai des matériaux à la traction, compression ou flexion. Cet appareil, qui peut convenir à des charges très variables, a reçu l'application d'une ingénieuse disposition due à MM. Petit et Fayol, qu'ils désignent sous le nom de ressort hydraulique. Ce ressort consiste dans un flotteur plongeant dans un vase plein d'eau; la tige du flotteur porte un index qui se déplace le long d'une échelle graduée. On conçoit que le déplacement du flotteur crée une force résistante dont la valeur est proportionnelle à ce déplacement qui peut être mesuré très exactement.

Le rapport décrit deux types d'antheximètres, l'un pour efforts allant de 60 à 100 *t* dont un est employé aux forges de Commentry, et l'autre pour efforts de 30 à 100 *kg* destiné à l'essai des papiers, étoffes et autres matières de faible résistance. Ces derniers sont employés à la Banque

de France, aux papeteries de Rives, etc. Le déplacement du flotteur rend très faciles l'enregistrement des efforts et le tracé du diagramme de rupture, dont des spécimens sont donnés dans le rapport.

Rapport de M. Hirsch sur un mémoire de M. G. Charpy, intitulé : **Etude sur la trempe de l'acier.**

La Société d'Encouragement avait, à la fin de 1892, chargé notre collègue M. Osmond d'exécuter des recherches expérimentales sur la trempe de l'acier et le recuit de l'acier. Il avait été, pour l'exécution de ces recherches, ouvert un crédit de 3 000 *f*. M. Osmond n'ayant pu, par suite de diverses circonstances, se charger de cette tâche, elle avait été confiée à M. G. Charpy, ingénieur au laboratoire central de l'artillerie de marine et c'est le résultat de ces recherches qu'il a formulé dans une conférence faite à la Société d'Encouragement dans la séance du 25 janvier dernier et dans un mémoire inséré à la suite de ce rapport.

Etude sur la trempe de l'acier, par M. G. Charpy.

L'auteur s'est proposé, dans ses recherches, non pas d'établir une nouvelle théorie de la trempe, mais d'étudier des procédés opératoires commodes et sûrs et de les employer à obtenir un certain nombre de résultats numériques précis et bien définis.

Les essais, faits sur des éprouvettes d'essai de petites dimensions trempées isolément, ont porté sur seize types d'aciers, dont quatre préparés au four Martin et les autres préparés spécialement pour ces recherches en fondant au creuset des matériaux très purs. Ces aciers ont été divisés en quatre groupes suivant leur composition chimique, c'est-à-dire suivant la proportion de carbone et la présence de matières étrangères au carbone.

Outre les analyses chimiques, on a effectué sur ces métaux des recherches relatives à la détermination des *points critiques* de M. Osmond, qui présentent pour l'identification de l'acier, un intérêt tout aussi grand que la composition chimique. On s'est servi pour cette détermination d'un appareil formé d'un four électrique dans lequel on chauffe le métal qu'on enlève ensuite pour le laisser refroidir à l'air; les températures sont obtenues avec le pyromètre thermo-électrique Le Chatelier. On peut ainsi dresser des courbes d'échauffement et de refroidissement lent et rapide et les points critiques correspondent à des transformations réversibles se produisant à des températures que l'on pourrait déterminer en opérant avec une lenteur excessive et qui, pratiquement, diffèrent peu de la moyenne des températures observées à l'échauffement et au refroidissement.

Le mémoire décrit en détail les appareils employés pour la trempe, four électrique, bain de trempe, et pour les essais mécaniques, puis il passe à l'étude des transformations du fer et du carbone, puis à celle de l'influence de la température de trempe sur les propriétés mécaniques

De nombreux tableaux donnent les résultats obtenus dans ces essais, ces résultats étant de plus représentés par des tracés graphiques. Un dernier chapitre est consacré à l'examen d'essais divers, recuit préalable, trempes positives et négatives, double trempe, etc.

On peut conclure, en somme, que la trempe doit être considérée, au point de vue théorique, comme agissant sur les propriétés mécaniques de l'acier, en empêchant certaines transformations physico-chimiques et en plaçant le métal dans un état instable. Les autres influences semblent négligeables vis-à-vis de celle de ces modifications. On peut ajouter que les transformations, au moins dans les aciers étudiés, sont probablement au nombre de trois; elles se produisent à des températures distinctes dans les aciers doux et à la même température *(recalescence)* dans les aciers durs contenant plus de 0,4 0/0 de carbone.

Rapport de M. le général Sébert sur la **règle topographique de campagne** de M. le capitaine Delcroix.

Il s'agit d'un instrument très portatif pouvant être facilement employé en marche pour l'exécution des levés d'itinéraires et des levés expédiés avec détermination d'angles, d'orientations et d'inclinaisons. L'appareil comprend une planchette, une boussole, une pinnule, un niveau et le tout replié se présente sous la forme d'un prisme rectangulaire en aluminium mesurant 0,14 de longueur sur 0,08 *m* de largeur et pouvant se placer, comme un portefeuille, dans la poche de côté d'un vêtement; il est d'un emploi simple et commode, il permet d'effectuer presque simultanément les diverses opérations élémentaires de topographie sans fatigue et sans difficulté de calculs.

Rapport de M. J. Violle sur l'**observatoire météorologique** établi au Mont-Blanc par M. Joseph Vallot.

Nous croyons pouvoir renvoyer, au sujet de cette intéressante question, à la note contenue dans la chronique du Bulletin de décembre 1893 de notre Société. Il nous suffira d'ajouter que le rapport de M. Violle rend pleine justice à l'initiative prise par M. J. Vallot par cette utile installation à laquelle notre sympathique collègue M. H. Vallot a donné sa collaboration pour la partie technique.

Élimination des métaux étrangers dans la **fabrication du cuivre** *Best Selected*, par M. Allan Gibb (extrait des publications de l'*Institution of Mechanical Engineers*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mai 1895.

Notice sur la **construction du troisième bassin à flot de Rochefort**, par M. Crahay de Franchimont, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

En 1855, on a commencé à Rochefort la construction de deux bassins à flot qui ont été livrés au commerce en 1869. L'accroissement du mouvement du port qui, de 130 000 *t* en 1855, était monté à 400 000 en

1878, a rendu ces installations insuffisantes et on a décidé la construction d'un troisième bassin ayant une profondeur plus en rapport avec les besoins actuels.

Le nouveau bassin, commencé en 1882 et achevé en 1890, est situé sur la rive droite de la Charente; il a 6,5 *ha* de superficie avec 1 017 *m* de développement de quais verticaux et 160 *m* de perrés pour laisser au fond du bassin toute latitude d'extension future.

Le bassin est relié à la rivière par une écluse à sas de 163 *m* de longueur et 18 de largeur, divisée en deux, avec une profondeur d'eau sur les buscs de 9,32 *m* en vive eau et de 7,75 *m* en morte eau et de 7,13 *m* au minimum.

Cette écluse est franchie par un pont tournant métallique. L'écluse est reliée à la Charente par un chenal d'accès de 100 *m* de largeur et les quais du bassin sont réunis aux gares et au port en rivière par un système complet de voies ferrées, les unes pour les grues, les autres pour les wagons et locomotives. Ces quais sont de plus desservis par une canalisation d'eau fournissant, en cas d'incendie, une pression de 20 *m* d'eau.

Ils sont éclairés au gaz et munis dans certains endroits tels que les angles de l'écluse, etc., de becs intensifs pouvant donner au moment des manœuvres de nuit un éclairage très puissant.

Le sol étant marécageux et, par conséquent, de nature compressible et inconsistante, on a adopté le système des voûtes en plein cintre de 9,20 *m* d'ouverture reposant sur des piles de 8×5 *m*. Ces piles ont été fondées par puits coulés par havage, et le fonçage a dû, dans beaucoup de cas, être terminé à l'air comprimé au moyen des puits eux-mêmes, préparés d'avance, puis transformés, au moment nécessaire, en caissons de maçonnerie, avec chambres de travail intérieures, cheminées d'accès, écluses à air, etc. On a foncé 89 puits, dont 45 entièrement à l'air libre et 44 qui, commencés à l'air libre, ont été terminés à l'air comprimé. Quelques-uns de ces puits ont été descendus à la cote — 26, ce qui donne au mur du quai, dans cette partie, une hauteur de plus de 30 *m*, la moyenne de l'enfoncement est de — 23.

Au cours de ces travaux, il est arrivé plusieurs fois que l'eau envahissait les caissons, en raison de l'insuffisance de la pression de l'air amenée par des fuites ou autrement. On a, dans ces cas, opéré l'épuisement au moyen d'un pulsomètre qui a rendu les plus grands services pour l'évacuation des eaux. Le fonçage du puits a duré trois ans et demi environ.

L'écluse à sas a été fondée sur quatres rangées de puits parallèles, réunis entre eux dans les deux sens par des voûtes en arc de cercle.

Les ouvrages métalliques de l'écluse consistent dans :

1° Un pont tournant à deux voies;

2° Quatre paires de portes;

3° Quatre vannes rectangulaires destinées à fermer les aqueducs de sassement ménagés dans les bajoyers. Le pont est d'une seule volée, il a 42 *m* de longueur et 7,40 *m* à l'extérieur des poutres. La disposition ne présente rien de particulier à l'exception de celle du pont qui, au lieu d'être encastré à demeure dans les maçonneries du bajoyer, est mobile

dans le sens vertical pour pouvoir être rectifié en cas de tassement des maçonneries; un système de coins permet ce déplacement.

Les portes et les vannes ne présentent rien de particulier.

Les travaux de terrassement, maçonneries, etc., ont coûté 11 millions de francs en nombre rond.

Les travaux métalliques ont coûté 440 000 *f* dont 77 000 pour le pont tournant.

Tous les appareils de l'écluse sont à manœuvre hydraulique; on se sert pour cette manœuvre de la pression des conduites de la ville qui est de 2 *kg* par centimètre carré, comme il a été indiqué plus haut; c'est une solution simple et économique, seulement elle conduit à donner de grandes dimensions aux appareils de manœuvre. Ainsi le cylindre pour l'orientation du pont tournant a 0,59 *m* de diamètre et 2,52 *m* de longueur: celui des portes 1,04 *m* de diamètre et 4,90 *m* de longueur. L'ensemble de ces appareils a coûté 158 700 *f* environ. Le prix est très peu élevé si on le compare à celui d'installations analogues où on avait une machinerie centrale; ainsi à Bordeaux l'installation a coûté 357 000 *f*, à Saint-Malo 300 000 *f* et la dépense annuelle est également très diminuée : elle ne dépasse pas 30 000 *f* alors que, dans les autres ports précités, elle s'élève à 50 000 *f* et 45 000 *f*.

ANNALES DES MINES

6me livraison de 1895.

Les sources thermales de Néris (Allier) et d'Evaux (Creuse), par M. L. de Launay, Ingénieur des mines, professeur à l'École supérieure des mines.

Cette note décrit l'origine, la nature et le captage de ces deux sources qui ont une grande analogie de composition d'eau et d'origine: elles sont connues, comme tant d'autres d'ailleurs, depuis l'époque romaine. On sait que les Romains recherchaient avec soin les sources thermales non au point de vue de la valeur thérapeutique qu'ils ignoraient, mais simplement pour avoir de l'eau chaude pour les bains qui jouaient un rôle capital dans leur existence.

On trouve dans la note, en plus d'une partie historique, une étude sur la géologie générale de la contrée, la description du gisement des sources, l'examen des propriétés physiques et chimiques des eaux et tout ce qui concerne le captage et la réfrigération. La réfrigération est nécessaire parce que l'eau sort à une température bien supérieure à celle de 34° qui convient pour les bains; elle s'opère dans des bassins réfrigérants de grande surface. Les eaux de Néris et d'Evaux sont des eaux d'une minéralisation très faible dont les seuls éléments en quantités appréciables sont les alcalis (surtout la soude) avec un peu de chaux, de fer et d'alumine, unis à du chlore, de l'acide sulfurique ou de la silice;

le poids du résidu fixe est de 1,449 à Néris et de 1,95 à Evaux. En dehors de ces substances, on trouve des traces de brome, de fluor, etc.

Sur l'oxydation du cobalt et du nickel en liqueur alcaline. Application au dosage volumétrique de ces métaux, par M. Ad. Carnot, Inspecteur général des mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines.

L'objet de ces recherches est de démontrer que la formule attribuée jusqu'ici aux peroxydes de cobalt formés par les oxydations ordinaires est réellement inexacte et qu'on arrive à de graves erreurs dans les analyses avec certaines méthodes volumétriques comme celle de Fleischer. L'auteur indique une méthode à suivre pour déterminer avec sûreté les proportions de nickel et de cobalt lorsque ces deux métaux se trouvent réunis.

Sur l'oxydation du cobalt et du nickel en liqueur ammoniacale. Application au dosage pondéral de ces métaux, par M. Ad. Carnot.

L'auteur, après avoir indiqué les méthodes pour la séparation du cobalt et du nickel fondées sur les différences de propriétés que présentent les sels de ces deux métaux lorsqu'on les a soumis à une oxydation en liqueur ammoniacale, expose une nouvelle méthode qui convient particulièrement pour les cas où le cobalt est en faible proportion et où l'on attache une importance spéciale à sa détermination exacte ; cette méthode est basée sur l'emploi des molybdates. Le molybdate roseo-cobaltique est presque insoluble en liqueur froide et neutre, tandis que, dans les mêmes conditions, le molybdate de nickel et d'ammoniaque reste très soluble. Ce caractère peut servir à reconnaître la présence du cobalt, même en très petite quantité, pour le doser en présence du nickel et de divers autres métaux.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juin 1895

DISTRICT DU SUD-EST

Séance du 11 novembre 1894.

Communication de M. Delafosse sur la **perforation mécanique dans diverses houillères du Nord et du Pas-de-Calais.**

L'auteur décrit sommairement les dispositions essentielles et donne les prix de revient de l'avancement en galeries pour divers systèmes de perforateurs, savoir : Dubois-François, type des mines de Lens ; même système, type des mines de Béthune ; perforateur Burton, type sur affût-

chariot, type sur colonne horizontale et type sur colonne ou trépied; perforateur Guenez, employé à Nœux, à Vicoigne, à l'Escarpelle et à Douchy. Un tableau résume les résultats obtenus et les faits qui en ressortent donnent lieu à quelques conclusions sur le choix à faire d'un outil suivant les conditions où se trouvent les diverses exploitations.

Communication de M. Boissier, vétérinaire à Alais, sur **l'emploi du cheval dans les mines.**

Cette communication contient des considérations pratiques très intéressantes sur le travail du cheval et les conditions dans lesquelles il doit se faire pour être avantageux, notamment dans un milieu particulièrement défavorable, les mines.

Il indique les précautions à prendre pour la conservation des chevaux, leur adaptation au travail, et donne des considérations sur le surmenage et les signes apparents qui permettent de le reconnaître et d'en prévenir les effets.

Communication de M. Fumat sur le **Puits des Oules.**

Le fonçage du puits des Oules, opéré à la profondeur de 558 *m*, a fait reconnaître l'existence d'un soulèvement de micaschistes produit après la formation houillère et dont les effets ont été considérables et donnent lieu à des considérations géologiques intéressantes.

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 1er Juin 1895.

Visite aux Aciéries de Saint-Étienne.

Le procès-verbal de cette visite forme une description complète de ces usines qui prennent le métal à l'état de fonte ou de riblons, le traitent au four à puddler pour le fer et au four Martin pour l'acier, puis le transforment en produits industriels.

La force motrice est produite par la vapeur, soit directement, soit par transformation en eau sous pression et en électricité. On peut dire tout d'abord que l'eau sous pression est appliquée de préférence aux outils à fonctionnement rectiligne et l'électricité aux petits appareils à mouvement rotatif.

Il y a 110 engins mus par l'eau sous pression produite par 4 pompes donnant par minute 1 500 *l* d'eau à 45 *kg* de pression. Pour l'électricité, une machine de 250 chevaux actionne deux dynamos génératrices de 650 ampères chacun et 110 volts, accouplées en série pour donner 220 volts dans la conduite générale à trois fils, permettant le transport de force à 220 et simultanément l'éclairage à 110 volts.

L'aciérie-fonderie qui peut couler des lingots de 60 à 70 *t*, est équipée avec des appareils de levage électriques, pont roulant de 15 *t*, grue de 30 *t*, etc. Les forges contiennent une série de pilons de 1 500 à 60 000 *kg*.

La chabotte de ce dernier, en cinq morceaux, pèse 330 *t*. Le cylindre a 1,60 *m* de diamètre et 5,25 *m* de course; la tige, 0,30 *m* de diamètre. Les jambages pèsent 160 *t*. La distribution qui se fait par soupapes équilibrées est assez douce pour pouvoir être commandée d'une seule main par le conducteur. Tous les engins qui desservent ces pilons sont à manœuvre hydraulique.

Une partie très intéressante est la description de la salle des essais de choc et de traction, et des instruments et appareils qu'elle contient, notamment du micromètre enregistreur qui trace la courbe des résistances et des allongements successifs à une échelle suffisante pour permettre d'apprécier les moindres mouvements du métal.

Enfin, un laboratoire très complètement outillé sert à l'analyse et au classement des matières employées dans l'usine; toutes les coulées d'acier, notamment, sont l'objet d'une analyse complète et, comme complément aux études chimiques, on a installé un microscope pour l'étude de la structure de l'acier conformément aux travaux de M. Osmond; on peut ainsi étudier utilement la corrélation qui existe entre cette structure et les essais mécaniques.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de Mai 1895

Mercerisage du coton. — Étude des changements de propriétés physiques, communiquées à la fibre du coton par l'action de la soude caustique, par M. A. Scheurer.

L'opération de passer les tissus dans une solution concentrée et froide de soude caustique a été indiquée en 1851 par Mercer, d'où le nom de *mercerisage* employé pour la désigner. L'objet de la note est de rechercher si la température joue un rôle dans cette opération et les recherches faites par M. A. Kestner démontrent que les lessives de soude mercerisent moins le coton quand elles sont chaudes que quand elles sont froides et que l'indication donnée par l'inventeur était juste.

Note de M. Ivan Zuber au sujet de **modifications à apporter au prix Salathé.**

Ce prix, fondé par M. Salathé, ancien notaire, a permis d'accorder depuis vingt ans, chaque année, trois primes de 400 *f* à des ouvriers de fabrique pour aider à l'acquisition d'une maison. Le nombre de candidats devenant trop grand, on propose des modifications au règlement pour permettre d'éliminer les moins intéressants.

Note sur un **procédé d'enlevage aux chlorates et aux prussiates,** par M. Paul Jeanmaire.

Note sur un **procédé d'impression de la céruléine** et du bleu d'alizarine alcalins sur rouge turc, par M. Félix Binder.

Note sur **quelques nouvelles formations de couleurs azoïques** sur tissu de coton, laine et soie, par M. J. Pokorny.

Recherches organisées par la Société Industrielle sur la **ventilation des salles de filature et de tissage.** — Rapport sur quelques installations exécutées d'après les données fournies par la Société, par M. C. Pierron.

Ce rapport décrit quelques installations ; généralement on emploie des ventilateurs centrifuges qui envoient de l'air dans des caves contenant des empilages de briques sur lesquels on fait arriver un courant d'eau.

Les expériences faites sur la nouvelle installation de MM. Schlumberger et Cie ont conduit à d'utiles observations relativement au mode de circulation de l'air et à la vitesse à donner à celui-ci ; elle doit être très faible. L'eau provenant du condenseur des machines à vapeur doit être filtrée pour éviter que les matières grasses se déposent sur les briques et bouchent les pores de celles-ci. Or, l'avantage des briques sur les lattes ou claies en bois est précisément dans la nature poreuse de la surface de celles-ci.

Chez MM. Schlumberger et Cie, il y a quatre piliers comprenant chacun 12 360 briques creuses donnant une surface mouillée totale de 6 000 m^2, soit 280 m^2 par 1 000 m^3 de salle ; quatre ventilateurs marchent à 1 000 tours en été et à 350 en hiver, refoulant chacun de 4 à 5 m^3 par seconde, ce qui représente environ trois renouvellements de l'air par heure en été. Cette installation a coûté environ 21 000 f, dont 10 000 de maçonnerie et charpente et 11 000 d'appareils mécaniques. Ce prix représente 19,15 f par métier et 0,96 f par mètre cube de salle. Ce prix est élevé, ce qui tient à des circonstances locales qui ont amené un grand développement des caniveaux et du tuyautage.

Dans une autre installation, celle de MM. Scheidecker, de Regel et Cie, à Lutzelhausen, la disposition est sensiblement la même ; la surface mouillée des empilages est de 1 350 m^3, soit 153 m^2 par 1 000 m^3 de salle pour la salle des métiers renvideurs et de 600 m^2 ou 180 m^2 par 1 000 m^3 de celle des métiers continus. La dépense a été de 9 250 f, soit 0,74 f par mètre cube de salle ; la décomposition des chiffres donne 600 f par 1 000 broches de métiers renvideurs et 790 par 1 000 broches de métiers continus.

Bulletin de juin 1895.

Résumé des observations météorologiques faites à la Société industrielle et à ses diverses stations pendant l'année 1894, par M. Ad. Sack.

Note sur le **mordant de glucine,** par M. Maurice Prud'homme.

Note sur l'oxydation de l'anthraquinone, par M. Ch. Zurcher.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 25. — *22 juin 1895.*

Le canal de la mer du Nord à la Baltique.
Etude sur les régulateurs à force centrifuge, par M. Tolle.
Nouvelle distribution d'eau de Moscou, par Jean Vogel.
Emploi de l'électricité pour la manœuvre des navires, par Wilhelm Gentsch.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Laboratoires de construction de machines.

Groupe de Mannheim. — Entretien du matériel dans les usines.

Bibliographie. — Calcul des ponts métalliques à poutres droites à une ou plusieurs travées par la méthode des lignes d'influence, par A. Chart et L. Portes.

Correspondance. — Machines-outils américaines pour le travail des bois et des métaux.

N° 26. — *29 juin 1895.*

Nouveautés dans l'exploitation des chemins de fer, par A. von Borries.
Tiroirs à double orifice pour machines à vapeur et compresseurs d'air, par F.-J. Weiss.
Locomotive compound à grande vitesse du chemin de fer du Gothard.
Moteurs à gaz à l'Exposition d'Anvers en 1894, par Fr. Freytag *(fin)*.
Etude sur les régulateurs à force centrifuge, par M. Tolle *(fin)*.
Expériences sur la résistance des tubes en cuivre faites à l'arsenal de Wilhelmshaven, par Kohn von Jaski.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Transport de force des chutes du Niagara.

Groupe de Magdebourg. — Transport électrique de la force.

Bibliographie. — Moyens de sécurité pour les installations électriques de lumière et de force, par le Dr Martin Kullmann.

N° 27. — *6 juillet 1895.*

Installations électriques de Budapest, par Th. Stork.
Concours pour l'établissement d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetzche *(suite)*.
Tiroirs à double orifice pour machines à vapeur et compresseurs d'air, par F.-J. Weiss *(suite)*.
Distribution d'eau à haute pression à Londres, par P. Möller.
Causerie sur la mécanique appliquée, par G. Holzmeller.

Groupe de Francfort-sur-le-Mein. — Nouvelles constructions de l'école technique supérieure de Darmstadt.

Groupe de Cologne. — Chauffage domestique en Angleterre.

Groupe du Rhin inférieur. — Appareils de manœuvre dans les fours à récupération de Siemens. — Traction sur les tramways par moteurs électriques et moteurs à gaz. — Expériences de vaporisation avec des chaudières tubulaires et des chaudières à eau dans les tubes.

Variétés. — Concours pour un projet de pont fixe sur le Rhin à Worms.

N° 28. — *13 juillet 1895.*

Développement de l'industrie du gaz, par Schimming.

État actuel de la question du transport électrique de la force appliqué aux appareils de levage des ports, par E. Grasse.

Nettoyage du sable dans les installations de filtrage de Hambourg, par R. Schröder.

Les machines agricoles à la huitième exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin en juin 1894, par Gründke *(suite).*

Emploi du planimètre pour le calcul des coques de navires, par L. Benjamin.

Calcul de la résistance des parois planes des boites à feu et des tubes de chaudières, par C. Bach.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Question des droits des employés sur leurs inventions relativement à l'État et à leurs patrons.

Groupe de la Ruhr. — Doit-il être défendu d'alimenter les chaudières lorsque les ciels de foyer commencent à rougir par suite de manque d'eau ?

Bibliographie. — Appareils de levage, par A. Ernst : — Encyclopédie des sciences naturelles. Manuel de physique.

Variétés. — Institut technique de Cöthen. — Appareils de protection pour les ouvriers.

N° 29. — *20 juillet 1895.*

Deuxième installation de chaudières de la filature de coton de Lindenau, par C. Lüders.

Expériences sur la résistance à la torsion et à la traction des vis en fer et en acier, par C. Bach.

Projets couronnés de ponts sur le Danube à Budapest, sur le Pô à Turin et sur le Rhin à Bonn, par J. Kübler.

Les machines agricoles à la huitième exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin en juin 1894, par Gründke *(suite).*

Groupe de Bochum. — Accumulateurs d'électricité.

Groupe de Chemnitz. — Projet de loi contre la concurrence déloyale.

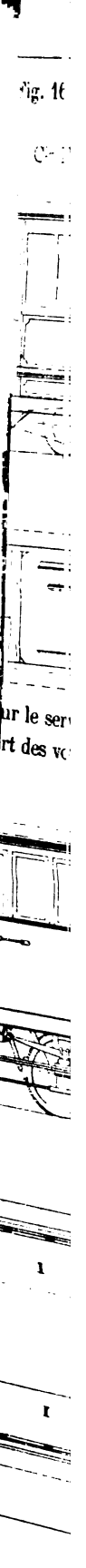
Variétés. — Vingt-quatrième réunion des délégués et ingénieurs des associations de surveillance de chaudières.

Correspondance. — Expériences sur le rendement des moteurs à pétrole.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 17572-9-95. — (Encre Lorilleux).



ig. 16 à 18. Transform… …rmation d'un fourgon à bagages
en voitur… …es chemins de fer économiques
Cie Française des V… …ure automotrice.

Fig. 16.

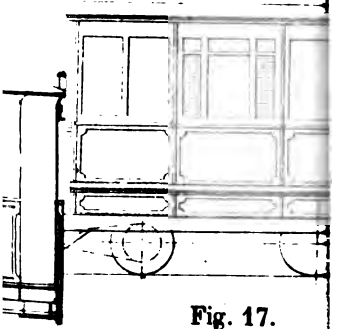
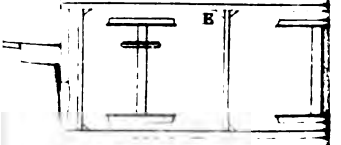
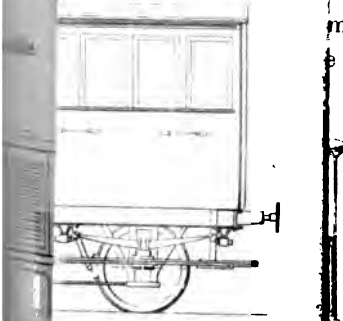


Fig. 17.



…ur le service des dépêch…
…rt des voyageurs.



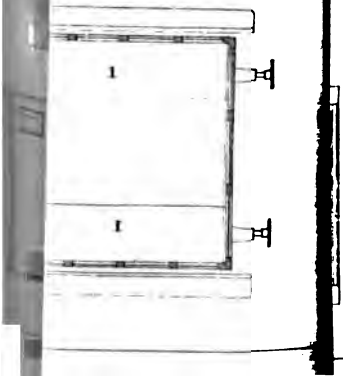
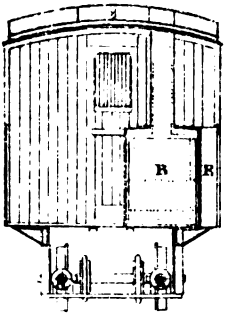


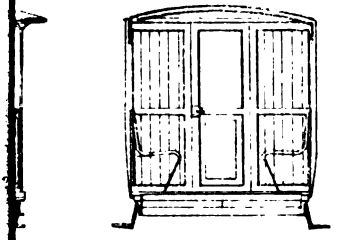
Fig. 25.



A Moteur
B Générateur
C Commande de changement de marche
D Pompe de mise en route
E Réservoir à eau (350 litres)
F Bac à charbon
G Sifflet

…mpartiment spécial pour la poste.
… 1m440.

Fig. 28.



A Générateur
B Moteur
C Caisse à eau
D Caisse à charbon
G Casier à lettres
H Coffre à valeurs

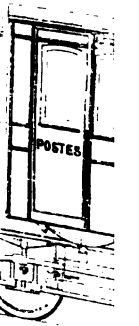
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

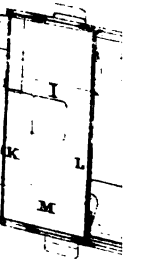
motrice a
Voie de C
Fig. 35

Places } Tota
Places }
6.

32 Places }
22 Places } Tot

à grande vit
es. — Ligne
Fig. 37.

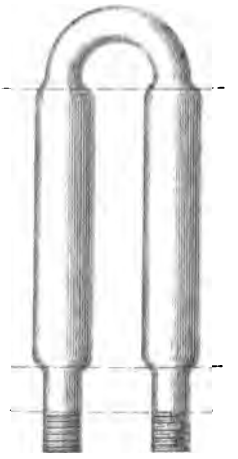




…motrice avec
…oie de 0m60 pour tramways.
Fig. 35

…adinale

Fig. 46.

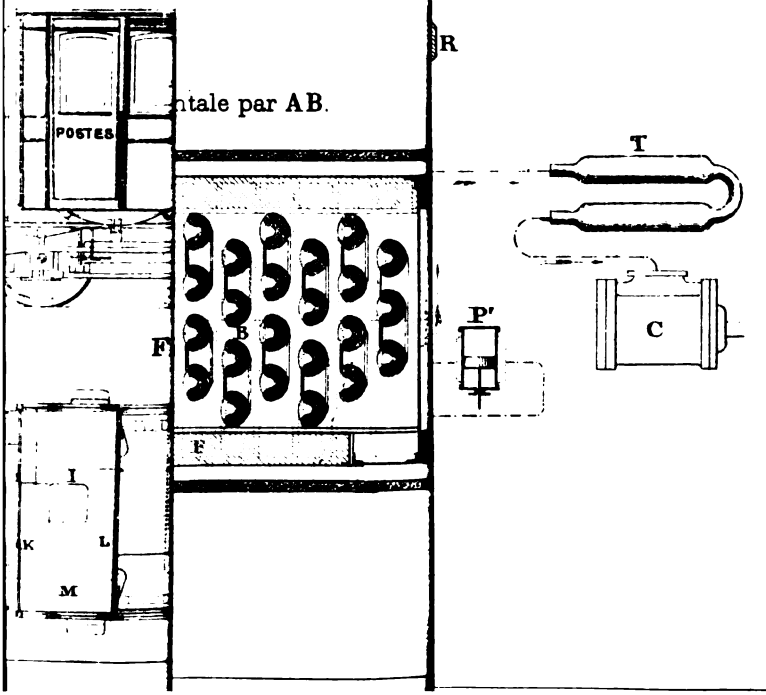


…Places } Total 3…
…6.

…32 Places } Total
…12 Places }

…à grande vite…
…es. — Ligne d…
Fig. 37.

…ntale par AB.



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1895

N° 9.

Mémoires contenus dans le bulletin de septembre 1895 :

1° *Nouvelles méthodes de calcul des piles métalliques à quatre arbalétriers*, par M. Léon Langlois, page 243 ;

2° *Voitures automobiles. — Compte rendu de la course Paris-Bordeaux*, page 282.

Notes de nos Correspondants de province et de l'étranger :

3° *Note sur l'évacuation des eaux et immondices dans les nouveaux quartiers de la ville d'Amsterdam*, par M. J. de Koning, page 302 ;

4° *Chronique* n° 189, par M. A. Mallet, page 304,

5° *Comptes rendus* — page 313 ;

6° *Planches* n^{os} 147, 148 et 149.

NOUVELLES MÉTHODES

DE

CALCUL DES PILES MÉTALLIQUES

A QUATRE ARBALÉTRIERS

PAR

M. Léon LANGLOIS

CHAPITRE PREMIER

Avant-Propos.

§ 1. — Calcul rigoureux d'une poutre en treillis, composée de deux brides, de montants verticaux et de diagonales formant croix de Saint-André.

1. Premier cas. — *Tous les panneaux sont à barres de brides concourantes.* — Soit *(fig. 1, Pl. 147)* une poutre en treillis de ce genre, composée :

(a) Du treillis simple comprenant les barres 1, 2, 3, ... 15, 16, 17;

(b) Des barres surabondantes A_1, A_2, A_3.

La barre surabondante A_1 est reliée au système des barres 3, 4, 5, 6, 7;

La barre surabondante A_2 est reliée au système des barres 7, 8, 9, 10, 11;

La barre surabondante A_3 est reliée au système des barres 11, 12, 13, 14;

et l'on voit que :

La barre 7 est commune aux systèmes de A_1, A_2;

La barre 11 est commune aux systèmes de A_2, A_3.

Appliquons alors les formules de déformation relatives à cette

disposition, en négligeant la dilatation, comme ayant peu d'effet (1).

Nous obtenons les trois équations suivantes, les éléments étant rapportés aux trois systèmes d'axes de coordonnées *(fig. 2, Pl. 147)*.

$$C_1D_1W_1,\ C_1Z_1;$$
$$C_2D_2W_2,\ C_2Z_2;$$
$$C_3D_3W_3,\ C_3Z_3;$$

$$(1)\quad \begin{cases} +\dfrac{A_1 t_{A_1}}{E_{A_1}\omega_{A_1}} = \begin{cases} +\sum^{3,4,5,6}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_1}z'_{A_1})}{E\omega h}\right] z'_{A_1} \\ +\sum^{7}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_1}z'_{A_1} - t_{A_2}z'_{A_2})}{E\omega h}\right] z'_{A_1}, \end{cases} \\ +\dfrac{A_2 t_{A_2}}{E_{A_2}\omega_{A_2}} = \begin{cases} +\sum^{7}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_1}z'_{A_1} - t_{A_2}z'_{A_2})}{E\omega h}\right] z'_{A_2} \\ +\sum^{8,9,10}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_2}z'_2)}{E\omega h}\right] z'_{A_2} \\ +\sum^{11}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_2}z'_{A_2} - t_{A_3}z'_{A_3})}{E\omega h}\right] z'_{A_2}, \end{cases} \\ +\dfrac{A_3 t_{A_3}}{E_{A_3}\omega_{A_3}} = \begin{cases} +\sum^{11}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_2}z'_{A_2} - t_{A_3}z'_{A_3})}{E\omega h}\right] z'_{A_3} \\ +\sum^{12,13,14,15}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_3}z'_{A_3})}{E\omega h}\right] z'_{A_3}. \end{cases} \end{cases}$$

Tous les termes de ces expressions étant connus, sauf les trois tensions t_{A_1}, t_{A_2}, t_{A_3} des barres surabondantes, on peut en tirer ces trois inconnues.

En résumé, quelle que soit la composition de la poutre, notre théorie des barres surabondantes permet de calculer tout d'abord les tensions subies par ces barres spéciales.

Pour déterminer les tensions dans les autres barres de la poutre, il suffit ensuite de placer ces tensions aux extrémités des barres surabondantes en question, dans leur direction et dans des sens donnés par la nature des efforts en question.

On se trouve alors en présence d'un treillis ordinaire, soumis aux charges primitives et aux nouvelles forces introduites, et il ne s'agit plus que de calculer les tensions des barres 1, 2, 3, . . .

(1) *Calcul des constructions métalliques. Guide théorique et pratique*, par Léon Langlois § 161, 3e partie.

15, 16, 17, par les moyens habituels, analytiques ou graphiques *(fig. 3, Pl. 147)*.

2. Deuxième cas. — *Tout ou partie des panneaux sont à barres de brides parallèles.* — Soit à calculer la poutre représentée *(fig. 4, Pl. 147)*.

La marche à suivre est absolument la même qu'au premier cas; et la seule différence qui existe avec les poutres à brides concourantes a trait aux expressions des tensions dans les barres surabondantes, lesquelles deviennent alors, à cause du parallélisme des brides :

$$
(2)\quad
\begin{cases}
+\dfrac{A_1 t_{A_1}}{E_{A_1}\omega_{A_1}} = \begin{cases}
-\sum^{\overline{3},5}\dfrac{a}{h'}\left[-\dfrac{(K_1 + t_{A_1}\sin\alpha_{A_1})}{E\omega\cos\beta_k}\right](z'_{2A_1} - z'_{1A_1}) \\
-\sum^{\overline{7}}\dfrac{a}{h'}\left[-\dfrac{(K_1 + t_{A_1}\sin\alpha_{A_1} + t_{A_2}\sin\alpha_{A_2})}{E\omega\cos\beta_k}\right](z'_{2A_1} - z'_{1A_1}) \\
+\sum^{4,6}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_1}z'_{A_1})}{E\omega h}\right]z'_{A_1},
\end{cases} \\
+\dfrac{A_2 t_{A_2}}{E_{A_2}\omega_{A_2}} = \begin{cases}
-\sum^{\overline{7}}\dfrac{a}{h'}\left[-\dfrac{(K_1 + t_{A_1}\sin\alpha_{A_1} + t_{A_2}\sin\alpha_{A_2})}{E\omega\cos\beta_k}\right](z'_{2A_2} - z'_{1A_2}) \\
-\sum^{\overline{9}}\dfrac{a}{h'}\left[-\dfrac{(K_1 + t_{A_2}\sin\alpha_{A_2})}{E\omega\cos\beta_k}\right](z'_{2A_2} - z'_{1A_2}) \\
-\sum^{\overline{11}}\dfrac{a}{h'}\left[-\dfrac{(K_1 + t_{A_2}\sin\alpha_{A_2} + t_{A_3}\sin\alpha_{A_3})}{E\omega\cos\beta_k}\right](z'_{2A_2} - z'_{1A_1}) \\
+\sum^{8,10}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_2}z'_{A_2})}{E\omega h}\right]z'_{A_2},
\end{cases} \\
+\dfrac{A_3 t_{A_3}}{E_{A_3}\omega_{A_3}} = \begin{cases}
-\sum^{\overline{11}}\dfrac{a}{h'}\left[-\dfrac{(K_1 + t_{A_2}\sin\alpha_{A_2} + t_{A_3}\sin\alpha_{A_3})}{E\omega\cos\beta_k}\right](z'_{2A_3} - z'_{1A_3}) \\
-\sum^{\overline{13},15}\dfrac{a}{h'}\left[-\dfrac{(K_1 + t_{A_3}\sin\alpha_{A_3})}{E\omega\cos\beta_k}\right](z'_{2A_3} - z'_{1A_3}) \\
+\sum^{12,14}\dfrac{a}{h}\left[+\dfrac{(M_1 - t_{A_3}z'_{A_3})}{E\omega h}\right]z'_{A_3}.
\end{cases}
\end{cases}
$$

3. Modification des formules (1), (2), quand on se sert des forces de droite pour le calcul des moments et des efforts tranchants. — Il suffit de remplacer :

$$+ M_1 \quad \text{par} \quad - M_2,$$
$$+ K_1 \quad \text{par} \quad - K_2.$$

§ 2. — Calcul approximatif des poutres ci-dessus :
***(a)* Quand les brides sont parallèles;**
***(b)* Quand elles se rapprochent du parallélisme.**

4. Observation. — Les formules (1) et (2) sont très compliquées; mais elles donnent seules la valeur rigoureuse des tensions dans les barres surabondantes; et, par suite, dans tous les autres éléments des poutres considérées.

Toutefois, lorsque les barres de brides sont parallèles, ou qu'elles se rapprochent suffisamment du parallélisme, on peut se contenter de la méthode approximative suivante :

5. Méthode approximative. — Prenons l'exemple de la figure 4. Supprimons les barres surabondantes *(fig. 5, Pl. 147)* et calculons ou déterminons graphiquement les tensions développées dans ce système par les forces extérieures.

Nous obtenons ainsi :

a) Des tensions t, dans les barres de brides et dans les montants verticaux; tensions que nous considérerons comme exactes;

b) Des tensions fictives, T_5, T_9, T_{13}, dans les diagonales.

Nous déduirons de ces tensions fictives;

c) Les tensions réelles, t_5, t_9, t_{13}, dans les diagonales en question, en posant :

$$(3)\qquad \begin{cases} t_5 = +\dfrac{T_5}{2}, \\ t_9 = +\dfrac{T_9}{2}, \\ t_{13} = +\dfrac{T_{13}}{2}; \end{cases}$$

d) Les tensions réelles t_{A_1}, t_{A_2}, t_{A_3}, dans les barres surabondantes, en écrivant :

$$(4)\qquad \begin{cases} t_{A_1} = -t_5 = -\dfrac{T_5}{2}, \\ t_{A_2} = -t_9 = -\dfrac{T_9}{2}, \\ t_{A_3} = -t_{13} = -\dfrac{T_{13}}{2}; \end{cases}$$

En résumé, nous partageons également, entre les deux diagonales d'un panneau, l'effort tranchant K_1 subi par ce panneau.

Pour contre-balancer l'erreur commise, il est prudent de diminuer d'un quart ou d'un cinquième le coefficient de travail des diagonales.

§ 3. — Notations des formules (1) et (2).

6. Exposé. — Les notations en question ont les significations suivantes :

M_1, moments des forces de gauche;

M_2, moments des forces de droite;

K_1, efforts tranchants des forces de gauche;

K_2, efforts tranchants des forces de droite;

A_1, A_2, A_3, longueurs des barres surabondantes A_1, A_2, A_3;

E_{A_1}, E_{A_2}, E_{A_3}, modules d'élasticité des barres A_1, A_2, A_3;

ω_{A_1}, ω_{A_2}, ω_{A_3}, sections transversales des barres A_1, A_2, A_3;

t_{A_1}, t_{A_2}, t_{A_3}, tensions subies par les barres A_1, A_2, A_3;

a, longueurs des barres ordinaires du treillis simple;

h, hauteur de ces barres;

h', hauteurs spéciales, relatives à la théorie du treillis à barres de brides parallèles;

E, module d'élasticité des barres ordinaires du treillis simple;

ω, sections transversales de ces barres;

z'_{A_1}, ordonnées des sommets des barres du treillis simple, par rapport à l'axe C_1W_1;

z'_{A_2}, ordonnées similaires, par rapport à C_2W_2;

z'_{A_3}, ordonnées similaires, par rapport à C_3W_3;

z'_{1A_1}, z'_{2A_1}, ordonnées spéciales, relatives à la théorie des treillis à barres de brides parallèles, par rapport à C_1W_1;

z'_{1A_2}, z'_{2A_2}, ordonnées analogues, par rapport à C_2W_2;

z'_{1A_3}, z'_{2A_3}, ordonnées analogues, par rapport à C_3W_3;

β_k, angle que font les barres sous Σ avec une normale aux brides parallèles formant panneaux avec les barres en question;

α_{A_1}, α_{A_2}, α_{A_3}, angles que font les barres surabondantes A_1, A_2, A_3 avec les barres de brides parallèles.

CHAPITRE II

Piles métalliques à quatre arbalétriers convergents.

§ 4. — Considérations générales.

7. Méthodes habituelles de calcul. — Ce sont :

(a) Une méthode rigoureuse, basée sur la déformation pyramidale, et conséquemment très laborieuse;

(b) Une méthode purement statique, et, par cela même, ne présentant pas une suffisante exactitude (méthode Nordling);

(c) La méthode de l'École de Zurich, assimilant un ouvrage en treillis à une poutre à âme pleine; et, par suite, s'écartant d'autant plus de la vérité que les mailles du treillis sont plus grandes.

8. Notre nouvelle méthode. — Dans une pile supportant un pont, les charges et surcharges ont toujours leur résultante dans un des plans de symétrie.

Ainsi *(fig. 6, 7 et 8, Pl. 147)* :

AA′, A_1A_1' étant les palées transversales,

AA_1, $A'A_1'$, les palées longitudinales;

(a) Le poids propre de l'ouvrage, la surcharge des trains, la poussée du vent auront leur résultante dans le plan YXX′;

(b) La dilatation du pont fournira une résultante située dans le plan YZZ′.

Ceci posé, pour présenter une explication d'ensemble de notre méthode, prenons comme exemple l'étude du cas de l'alinéa *(a)*.

Dans la palée longitudinale AA_1 *(fig. 7)*, les forces extérieures agissent également :

sur les nœuds a_m, a_{1m};

. . . . . .

sur les nœuds a_{n+1}, a_{1n+1};

» a_n, a_{1n};

» a_{n-1}, a_{1n-1};

. . . . . .

sur les nœuds a_o, a_{1o};

en tirant ou en poussant sur ces nœuds, par l'intermédiaire des arbalétriers.

Considérons les nœuds a_n, a_{1n}, de la palée longitudinale AA_1; et supposons que les arbalétriers tirent sur ces nœuds avec une intensité T, la même dans les deux nœuds.

Les points a_n, a_{1n} s'écartent de a_{n-1}, a''_{1n-1}, en allongeant les arbalétriers A_n, A_{1n}, de quantités $\lambda_{A_n} = \lambda_{A_{1n}}$; et en produisant sur les diagonales du panneau n, dans AA_1, des allongements correspondants, égaux aussi entre eux.

Notre méthode consiste à remplacer les sections réelles, ω_{A_n}, $\omega_{A_{1n}}$, des arbalétriers, par des sections fictives, Ω_{A_n}, $\Omega_{A_{1n}}$, telles que, en supprimant les diagonales du panneau A_nA_{1n}, les tensions T produisent sur les arbalétriers, restés seuls, les mêmes allongements, λ_{A_n}, $\lambda_{A_{1n}}$, que précédemment.

Opérant de la même façon à tous les étages, dans les palées longitudinales AA_1, $A'A'_1$ (en traitant les nœuds sur lesquels on pousse comme ceux sur lesquels on tire), la pile se trouve, pour le calcul, remplacée par les deux palées transversales AA', $A_1A'_1$; treillis plans, à barres surabondantes D'.

Une transformation analogue pouvant être obtenue dans le cas des forces situées dans le plan YZZ' [alinéa (*b*)], les palées transversales remplaçant alors les palées longitudinales, et réciproquement, on voit que notre méthode a l'avantage de remplacer la déformation pyramidale, forcément compliquée, par la déformation plane.

Ceci posé, nous allons entrer dans le détail des opérations, en étudiant séparément les deux dispositions suivantes de l'étrésillonnage :

(*c*) Les diagonales travaillent toutes;

(*d*) Les diagonales tendues travaillent seules.

Nous subdiviserons en outre le premier cas en deux autres :

(c_1) Calcul de la pile par une méthode rigoureuse; avec application des formules (1), quand les arbalétriers sont convergents; et emploi des formules (2), lorsque les arbalétriers sont parallèles;

(c_2) Calcul de la pile par une méthode approximative, basée sur l'emploi des formules (3) et (4).

Remarque. — Notre division principale est basée sur les considérations suivantes :

Quand, relativement à leur longueur, les diagonales ont une

section transversale assez considérable, elles résistent convenablement à la compression; et on peut admettre que toutes les diagonales équilibrent, dans des conditions de travail analogues, l'action des forces extérieures.

Au contraire, lorsque la section des diagonales est faible, comparativement à leur longueur, leur résistance à la compression devient négligeable, et les diagonales tendues peuvent être considérées comme supportant seules l'action des charges agissant sur l'ouvrage.

§ 5. — Calcul d'une pile métallique dont les diagonales travaillent toutes.

Premier cas. — Méthode rigoureuse.

9. Marche générale. — Nous calculerons successivement :

1° Les tensions t', produites dans toutes les barres de la pile par les forces du plan YXX′;

2° Les tensions t'', résultant des forces du plan YZZ′;

3° Les tensions totales t.

10. Calcul des tensions partielles t' (forces du plan YXX′).

A. — Valeurs des sections fictives Ω'_A, $\Omega'_{A'}$, dans les arbalétriers de la palée transversale AA′.

a_1. *Section fictive* Ω'_A *de l'arbalétrier* A. — Considérons l'étage n de la palée longitudinale AA_1, et supposons que les diagonales de l'étage $n+1$ soient articulées à une certaine distance, aussi petite que l'on voudra, de la barre horizontale e_n.

Représentons *(fig. 9, Pl. 147)* ce qui reste de la palée AA_1, quand on coupe :

1° Cette palée par un plan horizontal *ab*, placé entre e_n et le point d'articulation des diagonales de l'étage $n+1$;

2° L'arbalétrier A*n*, la diagonale *dn*, la barre e_n, par un plan quelconque *cd*.

Nous rétablirons l'équilibre en plaçant dans la division de A*n* :

Une force, — T'_{A_n}, égale à moins l'effort produit au nœud a_n par les forces du plan YXX′, et que doit équilibrer l'action combinée de l'arbalétrier A_n et de la diagonale d_n;

Une force $+ t'_{A_n}$, égale à la tension réelle subie par la barre A_n ; dans la direction de cette barre ;

Une force égale à $+ t'_{d_n}$, tension réelle de la diagonale d_n, dans la direction de cette diagonale;

Une force $- t'_{e_n}$, égale à moins tension t'_{e_n}, dans la barre e_n.

Les signes dont sont affectées ces différentes forces correspondent à l'hypothèse suivante :

Les tensions proprement dites, les forces verticales descendantes, les forces horizontales allant de gauche à droite sont positives ; les compressions, les forces verticales montantes et les forces horizontales allant de droite à gauche sont négatives.

Projetons toutes ces forces sur la verticale YY'. La première condition d'équilibre nous donne :

$$(A) \qquad - T'_{A_n} \cos \alpha_{A_G} + t'_{A_n} \cos \alpha_{A_G} + t'_{d_n} \cos \alpha_{d_n} = 0;$$

si nous appelons :

α_{A_G}, l'angle que fait l'arbalétrier A avec YY';

α_{d_n}, l'angle que fait la diagonale d_n avec la même ligne.

Ceci posé, cherchons une valeur de t'_{d_n}, en fonction de t'_{A_n}.

Traçons *(fig. 10, Pl. 147)* le panneau $a_{n-1}\, a_n\, a_{1n}\, a_{1n-1}$, de la palée AA_1 ; et appliquons aux nœuds a_n, a_{1n}, les forces égales : T'_{A_n}, $T'_{A_{1n}}$.

Sous l'action de ces forces, le trapèze $a_{n-1}\, a_n\, a_{1n}\, a_{1n-1}$ devient $a'_{n-1}\, a'_n\, a'_{1n}\, a'_{1n-1}$; et nous avons :

$$(b) \quad \begin{cases} a'_n\ a'_{1n} = e_n + \lambda_{e_n}, \\ a'_n\ a'_{n-1} = A_n + \lambda_{A_n}, \\ a'_{1n}\, a'_{n-1} = d'_n + \lambda_{d'_n} = d_n + \lambda_{d_n}. \end{cases}$$

e_n, A_n, d'_n, d_n désignant les longueurs primitives des barres de même nom ; λ_{e_n}, λ_{A_n}, $\lambda_{d'_n}$, λ_{d_n}, les allongements que ces barres ont subis pendant leur déformation : positifs, si ce sont des allongements proprements dits ; négatifs, si ce sont des raccourcissements.

Or, dans le triangle $a'_n\, a'_{1_n}\, a'_{n-1}$:

$$(B) \quad \overline{a'_n\, a'_{1n}}^2 = \overline{a'_n\, a'_{n-1}}^2 + \overline{a'_{1n}\, a'_{n-1}}^2 - 2\, a'_n\, a'_{n-1} \times a'_{1n}\, a'_{n-1} \cos \gamma'_n.$$

De plus, comme la déformation est élémentaire, cos γ'_n peut être considéré comme égal à cos γ_n.

Remplaçant dans (B) :

$$\cos \gamma'_n \text{ par } \cos \gamma_n,$$

les différents côtés du triangle considéré, par leur valeur, équation (*b*) ;

Il vient :

$$(B^I) \quad \begin{cases} (e_n + \lambda_{e_n})^2 = (A_n + \lambda_{A_n})^2 + (d_n + \lambda_{d_n})^2 \\ \quad - 2(A_n + \lambda_{A_n})(d_n + \lambda_{d_n}) \cos \gamma_n, \end{cases}$$

$$(B^{II}) \quad e_n^2 + \lambda_{e_n}^2 + 2e_n \lambda_{e_n} = \begin{cases} + A_n^2 + \lambda_{A_n}^2 + 2A_n \lambda_{A_n} \\ + d_n^2 + \lambda_{d_n}^2 + 2d_n \lambda_{d_n} \\ - 2(A_n d_n + A\lambda_{d_n} + d_n \lambda_{A_n} + \lambda_{A_n} \lambda_{d_n}) \\ \qquad \cos \gamma_n ; \end{cases}$$

ou bien :

$$(B^{III}) \quad + e_n^2 + 2e_n \lambda_{e_n} = \begin{cases} + A_n^2 + 2A_n \lambda_{A_n} \\ + d_n^2 + 2d_n \lambda_{d_n} \\ - 2A_n d_n \cos \gamma_n \\ - 2A_n \lambda_{d_n} \cos \gamma_n \\ - 2d_n \lambda_{A_n} \cos \gamma_u, \end{cases}$$

puisque, à cause de la petitesse des déformations, $\lambda_{e_n}^2$, $\lambda_{d_n}^2$, $\lambda_{A_n}^2$, $\lambda_{A_n} \lambda_{d_n}$ sont négligeables.

Mais, t'_{e_n}, t'_{A_n}, t'_{d_n} représentant les tensions subies par e_n, A_n, d_n, nous devons avoir :

$$\lambda_{e_n} = + t'_{e_n} \frac{e_n}{E_{e_n} \omega_{e_n}},$$

$$\lambda_{A_n} = + t'_{A_n} \frac{A_n}{E_{A_n} \omega_{A_n}},$$

$$\lambda_{d_n} = + t'_{d_n} \frac{d_n}{E_{d_n} \omega_{d_n}},$$

en désignant par :

ω_{e_n}, ω_{A_n}, ω_{d_n}, les sections des barres e_n, A_n, d_n;

E_{e_n}, E_{A_n}, E_{d_n}, leurs modules d'élasticité.

Remplaçant dans (B^{III}), cette équation devient :

$$(B^{IV}) \quad + e_n^2 + t'_{e_n} \frac{2e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} = \begin{cases} + A_n^2 + t'_{A_n} \dfrac{2A_n^2}{E_{A_n}\omega_{A_n}} \\ + d_n^2 + t'_{d_n} \dfrac{2d_n^2}{E_{d_n}\omega_{d_n}} \\ - 2A_n d_n \cos\gamma_n - t'_{d_n} \dfrac{2A_n d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} \cos\gamma_n \\ - t'_{A_n} \dfrac{2A_n d_n}{E_{A_n}\omega_{A_n}} \cos\gamma_n ; \end{cases}$$

ou bien :

$$(B^{V}) \quad + t'_{e_n} \frac{e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} = \begin{cases} + t'_{A_n} \dfrac{A_n^2}{E_{A_n}\omega_{A_n}} - t'_{A_n} \dfrac{A_n d_n}{E_{A_n}\omega_{A_n}} \cos\gamma_n \\ + t'_{d_n} \dfrac{d_n^2}{E_{d_n}\omega_{d_n}} - t'_{d_n} \dfrac{A_n d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} \cos\gamma_n ; \end{cases}$$

puisque, dans le triangle $a_n a_{1n} a_{n-1}$:

$$e_n^2 = + A_n^2 + d_n'^2 - 2A_n d'_n \cos\gamma_n = + A_n^2 + d_n^2 - 2A_n d_n \cos\gamma_n.$$

Exprimons maintenant t'_{e_n} en fonction de t'_{d_n}.

Reproduisons *(fig. 11, Pl. 147)* le triangle $a_{n-1}a_n a_{1n}$; supposons $t'_{d'_n}$ connue et égale à $a_{1n}B$.

Pour avoir la compression t_{e_n}, il suffirait de décomposer $a_{1n}B$ en deux forces, suivant $a_n a_{n-1}$ et $a_n a_{1n}$, en menant BC parallèle à $a_{n-1}a_n$.

Nous aurions alors :

$$t'_{e_n} = - a_{1n}C.$$

Or, ne connaissant pas $t'_{d'_n}$, et voulant simplement exprimer t'_{e_n} en fonction de cette inconnue, portons sur $a_{1n}a_{n-1}$, à partir de a_{1n}, une longueur quelconque, $a_{1n}D$; et menons DE, parallèle à $a_{n-1}a_n$

Les triangles semblables $a_{1n}BC$, $a_{1n}DE$, nous donnent :

$$\frac{a_{1n}C}{a_{1n}B} = \frac{a_{1n}E}{a_{1n}D},$$

$$t'_{e_n} = -a_{1n}C = -t'_{d'_n} \times \frac{a_{1n}E}{a_{1n}D},$$

ou :
$$t'_{e_n} = -k_n t'_{d'_n} = -k_n t'_{d_n};$$

en posant :
$$k_n = \frac{a_{1n}E}{a_{1n}D}.$$

L'équation (B^{V}) devient, dans ces conditions :

$$(B^{VI}) \quad \left\{ \begin{array}{l} + t'_{d_n} \dfrac{k_n e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} + t'_{d_n} \dfrac{d_n^2}{E_{d_n}\omega_{d_n}} - t'_{d_n} \dfrac{A_n d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} \cos\gamma_n \\ \qquad = - t'_{A_n} \dfrac{A_n^2}{E_{A_n}\omega_{A_n}} + t'_{A_n} \dfrac{A_n d_n}{E_{A_n}\omega_{A_n}} \cos\gamma_n ; \end{array} \right.$$

et on en tire :

$$(C) \quad t'_{d_n} = + t'_{A_n} \times \frac{+ \dfrac{A_n}{E'_{A_n}\omega_{A_n}} (+ d_n \cos\gamma_n - A_n)}{+ \dfrac{k_n e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} + \dfrac{d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} (+ d_n - A_n \cos\gamma_n)}$$

expression que l'on peut mettre sous la forme :

$$(3) \qquad t'_{d_n} = t'_{d'_n} = + \eta_n t'_{A_n},$$

en posant :

$$(4) \qquad \eta_n = + \frac{+ \dfrac{A_n}{E_{A_n}\omega_{A_n}} (+ d_n \cos\gamma_n - A_n)}{+ \dfrac{k e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} + \dfrac{d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} (+ d_n - A_n \cos\gamma_n)}.$$

Reprenant alors l'équation (A), et remplaçant t'_{d_n} par la valeur donnée formule (3), il vient successivement :

$$- T'_{A_n} \cos\alpha_{A_G} + t'_{A_n} \cos\alpha_{A_G} + t'_{A_n} \eta_n \cos\alpha_{d_n} = 0$$

$$+ t'_{A_n} \left[+ 1 + \frac{\eta_n \cos\alpha_{d_n}}{\cos\alpha_{A_G}} \right] = + T'_{A_n}$$

$$(A') \qquad + \frac{T'_{A_n}}{t'_{A_n}} = + \left[+ 1 + \frac{\eta_n \cos\alpha_{d_n}}{\cos\alpha_{A_G}} \right].$$

Enfin, remarquons que la section cherchée, Ω'_{A_n}, doit être telle que l'allongement λ_{A_n} de l'arbalétrier A_n, soit le même sous T'_{A_n}, si l'on supprime la diagonale d_n; et que, par suite :

$$\lambda_{A_n} = t'_{A_n} \frac{A_n}{E_{A_n} \omega_{A_n}} = T'_{A_n} \frac{A_n}{E_{A_n} \Omega'_{A_n}}.$$

On en tire :

(D) $$\frac{\Omega'_{A_n}}{\omega_{A_n}} = \frac{T'_{A_n}}{t'_{A_n}},$$

$$\Omega'_{A_n} = \omega_{A_n} \frac{T'_{A_n}}{t'_{A_n}};$$

et, avec (A') :

(5) $$\Omega'_{A_n} = \omega_{A_n} \left[1 + \frac{\eta_n \cos \alpha_{d_n}}{\cos \alpha_{A_G}} \right].$$

a_2. *Section fictive,* $\Omega'_{A'}$, *de l'arbalétrier* A'. — Dans la formule (5) on voit que Ω'_{A_n} ne dépend que de ω_{A_n} et des dimensions des différents éléments du panneau A_n.

Il résulte de cette remarque que, dans le panneau A'_n de la palée longitudinale $A'A'_1$, un raisonnement semblable à celui de l'alinéa a_1 nous amènerait à une expression de $\Omega'_{A'_n}$ absolument la même que celle de Ω'_{A_n}, formule (5).

Nous avons donc : $\Omega'_{A'_n} = \Omega'_{A_n}$.

B. Calcul des tensions t' dans les barres de la palée transversale AA'.

b_1. *Tensions* t' *dans les barres surabondantes de l'étrésillonage.* — Choisissons les diagonales D' comme barres surabondantes (*fig. 6, Pl. 147*). Remplaçons les sections ω_A, $\omega_{A'}$, des arbalétriers, par les sections fictives Ω'_A, $\Omega'_{A'}$, données par les formules (5), (6).

Appliquons maintenant, dans le treillis de la figure 6 :

1° La formule (1), si les arbalétriers sont convergents ;

2° La formule (2), si ces arbalétriers sont parallèles.

Nous obtenons les tensions $t'_{D'}$ dans les barres surabondantes D' de l'étrésillonnage.

b_2. *Tensions* t′ *dans le reste de l'étrésillonnage, et tensions fictives* T'_A, $T'_{A'}$ *dans les arbalétriers.* — Enlevons les barres surabondantes D′, et rétablissons l'équilibre en plaçant, à leurs nœuds extrêmes, des forces égales aux tensions t' obtenues à l'alinéa b_1 *(fig. 12, Pl. 147).*

Composons ces tensions t' avec les charges et surcharges du plan YXX′, dont nous nous occupons actuellement.

Une figure réciproque nous donne rapidement :

1° Les tensions t' dans les diagonales D ;

2° Les tensions t' dans les barres horizontales E ;

3° Les tensions fictives T'_A, $T'_{A'}$ dans les arbalétriers A, A′.

b_3. *Tensions* t′ *dans les arbalétriers* A, A′. — L'équation (D), de l'alinéa A, article a_1, nous donne immédiatement :

$$(7) \qquad t'_A = T'_A \times \frac{\omega_A}{\Omega'_A} ;$$

et il est évident que nous avons de même :

$$(7\ bis) \qquad t'_{A'} = T'_{A'} \times \frac{\omega_A}{\Omega'_A}.$$

B′. Tensions t' dans les barres de la palée transversale $A_1A'_1$. Les mêmes que pour la palée AA′.

C. Calcul des tensions t' dans les barres d'étrésillonnage des palées longitudinales AA_1, $A'A'_1$.

c_1. *Tensions* t′ *dans les diagonales* d, d′. — D'après ce que nous avons dit article A, alinéa a_1, nous pouvons poser :

1° Diagonales de la palée longitudinale AA_1 :

$$(8) \qquad t'_{d'_n} = t'_{d_n} = + \eta_1 t'_{A_n} ;$$

2° Diagonales de la palée longitudinale $A'A'_1$:

$$(8\ bis) \qquad t'_{d'} = t'_{d_n} = + \eta_1 t'_{A'_n}.$$

c_2. *Tensions* t′ *dans les barres horizontales* e. — Prenons *(fig. 7, Pl. 147)* la barre horizontale e_n, à la partie supérieure de l'étage n, palée AA_1, à laquelle aboutissent :

1° La diagonale d_n, de l'étage n ;

2° La diagonale d'_{n+1}, de l'étage $n+1$.

Traçons AB, BC, polygone des tensions t' subies par ces diagonales *(fig. 13, Pl. 147)*;

AC sera la résultante de ces forces.

Menons CD, parallèle à l'arbalétrier A.

Nous aurons ainsi décomposé AC en deux forces :

L'une, CD, agissant sur l'arbalétrier;

L'autre, AD, comprimant la barre e_n.

Nous avons donc : $t'_{e_n} = \pm$ AD;

+, si AD tombe en dehors de Ae_n, ce qui correspond à une tension;

—, si AD tombe sur Ae_n, ce qui indique une compression.

La tension t'_{e_n}, dans la barre e_n de $A'A'_1$, s'obtiendrait de la même manière.

Remarque. — Les résultats de ce tracé, fort simple du reste, peuvent se mettre sous la forme analytique suivante :

1° Barres horizontales de la palée longitudinale AA_1 :

$$(9) \qquad t'_{e_n} = \begin{cases} - t'_{d'_{n+1}} \left[+ \sin \alpha_{d'_{n+1}} - \theta_z \cos \alpha_{d'_{n+1}} \right] \\ - t'_{d_n} \left[+ \sin \alpha_{d_n} + \theta_z \cos \alpha_{d_{n+1}} \right]; \end{cases}$$

2° Barres horizontales de la palée longitudinale $A'A'_1$:

$$(9\,bis) \qquad t'_{e_n} = \begin{cases} - t'_{d'_{n+1}} \left[+ \sin \alpha_{d'_{n+1}} - \theta_z \cos \alpha_{d'_{n+1}} \right] \\ - t'_{d_n} \left[+ \sin \alpha_{d_n} + \theta_z \cos \alpha_{d_n} \right]. \end{cases}$$

Dans ces formules, θ_z représente la valeur du fruit de l'arbalétrier A, dans le plan AA_1.

11. Calcul des tensions t'' (forces du plan YZZ'). — Opérer absolument comme pour les tensions t', en prenant les palées transversales au lieu des palées longitudinales, et réciproquement.

12. Calcul des tensions totales, t. — A chacune des barres de la pile, appliquer la formule :

$$(10) \qquad t = t' + t''.$$

13. Déformation de la pile. — Soit, par exemple, à déterminer les variations de position d'un nœud appartenant à l'arbalétrier A, et dont les ordonnées sont x, y, z.

Première opération. — Les barres surabondantes de AA′ ayant leurs tensions déterminées; et la palée en question étant prête pour la détermination des tensions t' et T'_A, $T'_{A'}$ *(fig. 12, Pl. 147)*, appliquer au nœud considéré les formules ou tracés donnant ses déformations planes :

Variation horizontale . . . . . Δx_1 ;
Variation verticale . . . . . Δy_1.

Remarquer, en outre, que la variation horizontale, $\Delta z_1 = 0$.

Deuxième opération. — Opérer de même avec la palée AA_1, ce qui donne :

La variation horizontale . . . . . Δz_2,
La variation verticale . . . . . Δy_2 ;

Et poser :

Variation horizontale . . . . . $\Delta x_2 = 0$.

Troisième opération. — Grouper ces résultats par voie d'addition. On obtient ainsi :

$$(11) \qquad \begin{cases} \Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = \Delta x_1, \\ \Delta z = \Delta z_1 + \Delta z_2 = \Delta z_2, \\ \Delta y = \Delta y_1 + \Delta y_2. \end{cases}$$

Remarque. — Dans toutes ces opérations, prendre les sections fictives Ω'_A, $\Omega'_{A'}$, au lieu des sections réelles ω_A, $\omega_{A'}$.

14. Observation. — Le calcul des tensions dans les barres surabondantes complique cette méthode rigoureuse, et en restreint l'application aux grands travaux.

Mais elle a cela de bon de fournir, pour ceux-ci, une solution exacte, ce qui n'est pas sans avantage.

Cette méthode pourrait rendre de bons services, notamment dans les ponts à grande portée, dont le grand ouvrage du Forth est un des spécimens les plus admirés.

§ 6. — Calcul d'une pile à quatre arbalétriers, quand les diagonales travaillent toutes

Deuxième cas. — Méthode approximative.

15. Marche générale. — Comme au premier cas.

16. Calcul des tensions t' (forces du plan YXX′).

A. Tensions t', dans les barres de la palée transversale AA'.

a_1. *Tensions réelles*, t'_E, *dans les barres horizontales* E. *Tensions fictives* $T'_{D'}$, *dans les diagonales* D'. *Tensions fictives* T'_A, $T'_{A'}$, *dans les arbalétriers* A, A'. — Supprimons les diagonales D, et appliquons les forces extérieures du plan YXX' sur le treillis simple qui en résulte *(fig. 14, Pl. 147)*.

Une réciproque nous donne immédiatement les tensions correspondantes dans les différentes barres.

D'après ce que nous avons dit au n° 5 :

1° Celles obtenues pour les barres horizontales E pourront être considérées comme les tensions réelles, t'_E, de ces barres;

2° Les tensions des diagonales D' devront se partager entre D et D' et seront considérées comme des tensions fictives, T'_D.

Si maintenant nous rappelons ce qui a été exposé aux paragraphes 4 et 5, il est facile de voir que les tensions fournies par la réciproque pour les arbalétriers pourront être considérées comme étant celles fictives, T'_A, $T'_{A'}$, à partager entre les arbalétriers et les diagonales des palées AA_1, $A'A'_1$.

a_2. *Tensions réelles*, t'_D, $t'_{D'}$, *dans les diagonales*. — Les formules (3) et (4) deviennent, dans le cas actuel :

$$t'_{D'} = + \frac{T'_{D'}}{2} \qquad (12)$$

$$t'_D = - \frac{T'_{D'}}{2} \qquad (12\ bis)$$

a_3. *Tensions réelles* t'_A, *dans l'arbalétrier* A. — On pourrait tirer cette tension de équation (A'), alinéa A, article a_1, n° 10. Mais, puisque la méthode actuelle est approximative, autant qu'elle le soit complètement en simplifiant la formule (A').

Or, pour l'établissement de cette expression, nous avons apprécié *(fig. 10, Pl. 147)* la déformation rigoureuse du panneau n, de la palée AA_1; en admettant que le nœud a_n peut venir en a'_n, en dehors de l'ancienne direction de l'arbalétrier A_n.

Comme la déformation est toujours élémentaire, nous pouvons supposer, sans erreur considérable, que le nœud a_n ne sort pas de la direction primitive de l'arbalétrier; et, dans ces conditions, simplifier la formule (A').

Rappelons d'abord la formule d'équilibre, reliant les forces qui agissent sur le nœud a_n *(fig. 9, Pl. 147)*.

$$(A) \qquad -T'_{A_n}\cos\alpha_{A_G} + t'_{A_n}\cos\alpha_{A_G} + t'_{d'}\cos\alpha_{d'_n} = 0.$$

Maintenant, représentons *(fig. 10 bis, Pl. 147)* le triangle $a_{n-1}\,a_n\,a_{1n-1}$ *(fig. 10, Pl. 147)*, et formé par :

L'arbalétrier A_n (côté AB),

La barre horizontale e_{n-1} (côté BC),

La diagonale d_n (côté CA);

et appelons :

β_{d_n}, l'angle que fait d_n avec l'arbalétrier A_n.

D'après la nouvelle hypothèse, relative à la marche du nœud a_n, ce point vient en A', sous l'action de la tension T'_{A_n}.

Traçons CA', et rabattons cette ligne sur CA, en CAE.

Abaissons CD, perpendiculaire à AB.

La déformation étant élémentaire, l'arc A'E peut être considéré comme une droite, perpendiculaire à CAE; et, dans ces conditions, les triangles AEA', CDA sont semblables. Ces triangles nous donnent alors :

$$\frac{AE}{AD} = \frac{AA'}{AC},$$

$$AE = AA' \times \frac{AD}{AC}.$$

Mais :

λ_{d_n}, désignant l'allongement de la diagonale d_n ;

λ_{A_n}, celui de l'arbalétrier A_n ;

β_{d_n}, l'angle que fait la diagonale d_n avec A_n

nous avons :

$$AE = \lambda_{d_n},$$

$$AA' = \lambda_{A_n},$$

$$\frac{AD}{AC} = \cos\beta_{d_n}.$$

D'un autre côté :

$$\lambda_{d_n} = t'_{d_n} \times \frac{d_n}{E_{d_n}\omega_d}$$

$$\lambda_{A_n} = t'_{A_n} \times \frac{A_n}{E_{A_n}\omega_A}$$

d_n, E_{d_n}, ω_{d_n} désignant la longueur, le module d'élasticité et la section de la diagonale d_n ;

A_n, E_{A_n}, ω_{A_n}, les mêmes éléments, dans l'arbalétrier A_n.

Il vient donc successivement :

$$\lambda_{d_n} = \lambda_{A_n} \cos \beta_{d_n},$$

$$\text{(B)} \qquad t'_{d_n} = t'_{A_n} \times \frac{A_n E_{d_n} \omega_{d_n}}{d_n E_{A_n} \omega_{A_n}} \cos \beta_{d_n}.$$

Dans ces conditions, l'équation (A) peut se mettre sous la forme :

$$+ t'_{A_n} \left[+ 1 + \frac{A_n E_{d_n} \omega_{d_n} \cos \alpha_{d_n} \cos \beta_{d_n}}{d_n E_{A_n} \omega_{A_n} \cos \alpha_{A_G}} \right] = + T'_{A_n} ;$$

et on en tire :

$$\text{(13)} \qquad t'_{A_n} = + \frac{T'_{A_n}}{1 + \dfrac{A_n E_{d_n} \omega_{d_n} \cos \alpha_{d_n} \cos \beta_{d_n}}{d_n E_{A_n} \omega_{A_n} \cos \alpha_{A_G}}}.$$

a_4. *Tension réelle* $t'_{A'}$ *dans l'arbalétrier* A'. — On aurait de même :

$$\text{(13 bis)} \qquad t'_{A'_n} = + \frac{T'_{A'_n}}{1 + \dfrac{A_n E_{d_n} \omega_{d_n} \cos \alpha_{d_n} \cos \beta_{d_n}}{d_n E_{A_n} \omega_{A_n} \cos \alpha_{A_G}}}.$$

A'. Tensions t', dans les barres de la palée transversale $A_1 A'_1$. — Les mêmes que dans la palée AA'.

B. Tensions t', dans l'étrésillonnage des palées longitudinales AA_1, $A'A'_1$.

b_1. *Tensions* t' *dans les diagonales.* — Il n'y a, pour AA_1, qu'à appliquer l'équation (B), de l'alinéa A, article a_3, n° 16.

Pour la palée $A'A'_1$, remplacer dans (B), t'_{A_n} par $t'_{A'_n}$.

Il vient, dans ces conditions :

1° Diagonale de la palée AA_1.

$$\text{(14)} \qquad t'_{d_n} = t'_{d'_n} = + t'_{A_n} \times \frac{A_n E_{d_n} \omega d_n}{d_n E_{A_n} \omega_{A_n}} \cos \beta^{d}{}_{n}.$$

2° Diagonale de la palée $A'A'_1$.

$$(14\,bis) \qquad t'_{d_n} = t'_{d'_n} = + t'_{A'_n} \times \frac{A_n E_{d_n} \omega_{d_n}}{d_n E_{A_n} \omega_{A_n}} \cos \beta_{d_n}.$$

b_2. *Tensions* t' *dans les barres horizontales.* — Formules (9) et (9 *bis*), ou tracés graphiques *(fig. 13, Pl. 147)*.

17. Calcul des tensions t'' (forces du plan YZZ'). — Opérer comme pour t', en intervertissant l'ordre des palées.

18. Calcul des tensions totales t. — Formule (10).

19. Déformation de la pile.

A. *Calcul des sections fictives* Ω'_A, $\Omega'_{A'}$, *correspondant aux tensions fictives* T'_A, $T'_{A'}$. — En raisonnant comme au premier cas, on arrive, avec l'équation (13), à la valeur suivante de Ω'_{A_n} :

$$(15) \qquad \Omega'_{A_n} = \omega_{A_n} \frac{T'_{A_n}}{t'_{A_n}} = \omega_{A_n} \left[1 + \frac{A_n E_{d_n} \omega_{d_n} \cos \alpha_{d_n} \cos \beta_{d_n}}{d_{n_n} E_{A_n} \omega_{A_n} \cos \alpha_{A_G}} \right];$$

et à l'égalité :

$$(16) \qquad \Omega'_{A'_n} = \Omega'_{A_n}$$

du premier cas.

B. *Calcul de la déformation de la pile.* — Remplacer ω_A et $\omega_{A'}$ par Ω'_A, $\Omega'_{A'}$; et, avec le treillis de la figure 14, effectuer les calculs du premier cas.

Faire les mêmes opérations en interposant l'ordre des palées.

Appliquer enfin les formules (11).

20. Observation.— La suppression des calculs relatifs aux barres surabondantes, la simplification de celles donnant t'_{A_n} et Ω'_{A_n}, rendent cette méthode approximative extrêmement simple.

Comme les résultats qu'elle donne se rapprochent beaucoup de la vérité absolue, cette méthode offre, pour les travaux ordinaires, un avantage très marqué :

1° Sur la méthode rigoureuse de la déformation pyramidale, en ce qu'elle est infiniment moins compliquée ;

2° Sur la méthode purement statique, en ce qu'elle est plutôt plus simple, et beaucoup plus exacte ;

3° Sur la méthode de l'école de Zurich (ellipse centrale), en ce qu'elle est plus simple, d'une application plus facile et en même temps plus exacte.

§ 7. — Calcul d'une pile à quatre arbalétriers, quand les diagonales tendues travaillent seules. Méthode pouvant être, à volonté, rigoureuse ou très approximative.

21. Marche a suivre. — Comme précédemment, calculer successivement t' et t''. Additionner les résultats.

22. Calcul des tensions t' (forces du plan YXX').

A. Calcul des tensions t' dans la palée transversale AA'.

a_1. *Tension* t' *dans les barres horizontales, les diagonales tendues, et les arbalétriers comprimés. Tensions fictives,* T'_A, $T'_{A'}$, *dans les arbalétriers tendus.* — Représentons *(fig. 14, Pl. 147)* le treillis simple comprenant les diagonales tendues.

Appliquons à ce treillis les forces extérieures du plan YXX', et traçons une réciproque.

Cette figure donne rapidement :

1° Les tensions t'_E, dans les barres horizontales E;

2° Les tensions t'_D, ou t'_D, dans les diagonales tendues, D' ou D;

3° Les tensions réelles, t'_A, t'_{A_1}, dans les parties comprimées des arbalétriers A, A';

4° Les tensions fictives, T'_A, $T'_{A'}$, dans les parties tendues desdits arbalétriers.

Laissons de côté les tensions réelles de l'étrésillonnage, et examinons la classification des efforts subis par les arbalétriers en tensions réelles et tensions fictives.

Quand la réciproque indique que la partie A_n, de l'arbalétrier A, est comprimée, cela veut dire que l'ensemble de A_n et de la diagonale d_n, qui aboutit en son sommet, dans la palée AA_1, doit résister à la compression formée par l'épure.

Or, les diagonales ne travaillant qu'à la tension, d_n ne jouent aucun rôle dans la résistance à l'effort de compression trouvé

Cet effort doit donc être équilibré par la résistance isolée de A_n; et il représente, par conséquent, la tension réelle t'_{A_n}, de cette partie de l'arbalétrier A.

Lorsque au contraire, la réciproque donne une tension pour A_n, la diagonale d_n participe, avec A_n, à la résistance à cet effort; et la valeur de celui-ci représente ce que l'on est convenu d'appeler T'_{A_n}, tension fictive de la partie A_n, de l'arbalétrier A.

a_2. *Tensions réelles* t'_A, $t'_{A'}$, *dans les parties tendues des arbalétriers* A, A'.

Méthode rigoureuse. — Formules (7) et (7 *bis*); Ω'_A étant fourni par l'équation (5).

Méthode approximative. — Formules (13), (13 *bis*).

A'. Calcul des tensions t' dans la palée transversale $A_1A'_1$. — Les mêmes que dans AA'.

B. — Calcul des tensions t', dans l'étrésillonnage des palées longitudinales AA_1, $A'A'_1$.

b_1. *Tensions* t', *dans les diagonales des panneaux dont les arbalétriers sont comprimés.* — Nulles, puisque les diagonales ne peuvent entrer, avec les arbalétriers, dans la résistance à la compression.

b_2. *Tensions* t', *dans les diagonales des panneaux dont les arbalétriers sont tendus.*

Méthode rigoureuse. — Formules (8) et (8 *bis*).

Méthode approximative. — Formules (14) et (14 *bis*).

b_3. *Tensions* t', *dans les barres horizontales auxquelles n'aboutissent que des diagonales à tensions* t' *nulles.* — Les barres horizontales considérées subissent également des tensions t' égales à 0.

b_4. *Tensions* t', *dans les barres horizontales auxquelles aboutissent des diagonales subissant des tensions* t' *réelles.*

Méthode rigoureuse et méthode approximative. — Formules (9) et (9 *bis*), ou tracés graphiques *(fig. 13, Pl. 147)*.

23. Calcul des tensions t''. — Comme pour t', avec interposition dans l'ordre des palées.

24. Calcul des tensions totales t. — Formule (10).

25. — Déformation de la pile.

A. — *Calcul des sections fictives* Ω'_A, $\Omega'_{A'}$, *dans les panneaux dont les arbalétriers sont tendus.*

Méthode rigoureuse. — Formules (5) et (6).

Méthode approximative. — Formules (15) et (16).

B. — *Déformation de la pile.* — Employant :

ω_A, $\omega_{A'}$, dans les panneaux dont les arbalétriers sont comprimés;

Ω'_A, $\Omega'_{A'}$, dans les panneaux dont les arbalétriers sont tendus; opérer, *(fig. 14, Pl. 147)*, comme au premier cas.

Faire la même opération, en interposant l'ordre des palées.

Appliquer les formules (11).

26. Observation. — Le cas spécial des diagonales tendues travaillant seules reçoit de notre méthode :

1° Une solution rigoureuse très simple;

2° Une solution très approximative encore plus simple.

Cette méthode a donc sur toutes les autres un avantage des plus sérieux.

Nous ferons observer, toutefois, que cette disposition des piles métalliques, avec diagonales tendues travaillant seules, offre moins de résistance générale que celle dans laquelle les diagonales travaillent toutes.

Malgré les difficultés de construction et de calcul, on doit donc faire tout le possible pour employer la disposition des piles avec diagonales travaillant toutes.

CHAPITRE III

Résumé.

§ 8. — Avantages de nos méthodes de calcul.

27. Méthodes rigoureuses. — Si on les compare à celle basée sur l'étude détaillée de la déformation pyramidale, on voit qu'elles sont beaucoup plus simples, malgré la complication du calcul des barres surabondantes.

L'étude de la déformation pyramidale, en effet, entraine la détermination des variations de position de tous les nœuds, celle des allongements de toutes les barres, et le calcul des tensions qui résultent, pour toutes ces barres, de leurs allongements respectifs.

L'exposé seul de ces différentes opérations, que l'on doit effectuer pour les quatre faces de la pile, indique à la fois les difficultés et le labeur d'un pareil travail, et justifie à lui seul notre affirmation.

Quant aux autres méthodes, celle purement statique et celle des ellipses centrales (École de Zurich), elles ne peuvent être comparées à nos méthodes rigoureuses, l'une et l'autre ne donnant, à des degrés différents, que des résultats approchés.

Or, dans certains grands travaux, la rigueur mathématique s'impose; et exclut, par cela même, les deux méthodes approximatives en question.

28. Méthodes approximatives. — Suffisamment exactes pour la plupart des ouvrages de ce genre, elles présentent, sur la méthode purement statique, l'avantage d'une plus grande approximation, et même celui d'une plus grande simplicité.

Quand on les met en parallèle avec la méthode de l'ellipse centrale, on leur reconnaît une exactitude plutôt plus grande, obtenue par des moyens plus élémentaires, exigeant en outre un travail moindre.

CHAPITRE IV

Modification des formules donnant les tensions réelles t'_A, $t'_{A'}$, dans les arbalétriers; les tensions réelles t'_d, $t'_{d'}$, t'_e, dans l'étrésillonnage des palées longitudinales AA_1, $A'A'_1$; quand les diagonales d, d' ont des sections transversales assez considérables, comparativement à celles des arbalétriers.

§ 9. — Considérations générales.

29. Exposé. — Dans les méthodes rigoureuses que nous avons présentées, la déformation *(fig. 10, Pl. 147)* ne tient pas compte de l'action exercée sur e_n par la composante horizontale de la tension $t'_{d'_{n+1}}$, dans la diagonale d'_{n+1}, du panneau $n+1$.

Cette simplification ne joue aucun rôle dans le calcul des sections fictives Ω'_A, $\Omega'_{A'}$, et dans celui de T'_A, $T'_{A'}$, $t_{D'}$, t_D, t_E, lesquels sont donnés dans le § 4 avec l'exactitude la plus rigoureuse; mais elle influe sur le calcul des sections réelles t'_A, $t'_{A'}$, t'_d, $t'_{d'}$, t'_e.

Or, comme les tensions t'_d, $t'_{d'}$ sont généralement faibles, comparativement à t'_A, $t'_{A'}$, l'erreur commise en opérant de la façon indiquée est très faible, dans la plupart des cas.

Toutefois, pour permettre d'atteindre la valeur absolue, quand cela est nécessaire, nous allons donner les modifications à introduire dans le calcul de t'_{A}, $t'_{A'}$, t'_{d}, $t'_{d'}$, si on veut tenir compte de la composante de $t'_{d'_{n+1}}$.

§ 10. — Modification des formules.

30. Modifications des formules (8) et (8 *bis*). — Reprenons la formule (B^{v}), article A, alinéa a_1, n° 10 :

$$(B^{v}) \qquad + t'_{e_n} \frac{e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} = \begin{cases} + t'_{A_n} \dfrac{A_n^2}{E_{A_n}\omega_{A_n}} - t'_{A_n} \dfrac{A_n d_n}{E_{A_n}\omega_{A_n}} \cos\gamma_n \\ + t'_{d_n} \dfrac{d_n^2}{E_{d_n}\omega_{d_n}} - t'_{d_n} \dfrac{A_n d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} \cos\gamma_n. \end{cases}$$

Posons, dans l'ensemble des forces agissant sur e_n :

$$t'_{e_n} = - k t'_{d_n} - k' t'_{d_{n+1}} ;$$

k' étant un rapport semblable à k, et obtenu, avec d'_{n+1}, comme k l'a été avec d'_n.

Remplaçons dans (B^{v}), il vient :

$$(B^{VI}) \qquad \begin{cases} t'_{d_n} = + t'_{A_n} \times \dfrac{+ \dfrac{A_n}{E_{A_n}\omega_{A_n}} (+ d_n \cos\gamma_n - A_n)}{+ \dfrac{k e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} + \dfrac{d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} (+ d_n - A_n \cos\gamma_n)} \\ \qquad\qquad + \dfrac{k' e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} \\ - t'_{d'_{n+1}} \times \dfrac{}{+ \dfrac{k e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} + \dfrac{d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} (+ d_n - A_n \cos\gamma_n)} \end{cases}$$

ou :

$$(B^{VI}) \qquad t_{d_n} = + \eta t_{A_n} - \pi t'_{d'_{n+1}} ;$$

si l'on désigne par η, le coefficient de t'_{A_n}, comme dans la rédaction du n° 10; et si l'on pose :

$$\pi = + \frac{+ \dfrac{k' e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}}}{+ \dfrac{k e_n^2}{E_{e_n}\omega_{e_n}} + \dfrac{d_n}{E_{d_n}\omega_{d_n}} (+ d_n - A_n \cos\gamma_n)}$$

Reprenant alors la formule (A) du n° 10 :

$$(A) \qquad -T'_A \cos \alpha_{A_G} + t'_{A_n} \cos \alpha_{A_G} + t'_{d_n} \cos \alpha_{d_n} = 0;$$

et remplaçant, dans cette équation, t'_{d_n} par sa valeur, équation (B^{VI}), on obtient successivement :

$$(A'') \quad -T'_{A_n} \cos \alpha_{A_G} + t'_{A_n} \cos \alpha_{A_G} + t'_{A_n} \eta_i \cos \alpha_{d_n} - t'_{d'_{n+1}} \pi \cos \alpha_{d_n} = 0;$$

$$(16) \qquad t'_{A_n} = + \frac{+ T'_{A_n} + t'_{d'_{n+1}} \times \dfrac{\pi \cos \alpha_{d_n}}{\cos \alpha_{A_G}}}{1 + \dfrac{\eta_i \cos \alpha_{d_n}}{\cos \alpha_{A_G}}}.$$

Nous avons alors, pour expression de t'_{d_n}, $t'_{d'_n}$:

31. Modification de la formule (3).

$$(17) \qquad t'_{d_n} = t'_{d'_n} = + \eta_i t'_{A_n} - \pi t'_{d'_{n+1}}.$$

Remarque. — Quant aux barres horizontales, elles sont toujours fournies par les formules (9), (9 *bis*), ou par les tracés correspondants; étant entendu que les nouvelles valeurs de $t'_d, t'_{d'}$ remplacent celles du n° 10.

32. Marche a suivre pour l'application des nouvelles formules. — Commencer par le dernier étage, m, pour lequel les formules du n° 10 sont applicables sans changement.

Avec les tensions t'_{d_m}, $t'_{d'_m}$ ainsi obtenues, calculer $t'_{A_{m-1}}$, $t'_{d_{m-1}}$, $t'_{d'_{m-1\,m}}$, $t'_{e_{m-1}}$, à l'aide des formules (16), (17), (9), (9 *bis*).

Continuer de même, à l'étage $m-2$; et ainsi de suite,

CHAPITRE V

Modification de la formule (2), relative aux poutres en treillis dont tout ou partie des panneaux sont à barres de brides parallèles.

§ 11. — Exposé théorique de la modification de la formule (2).

33. Nouvelle forme de la formule (2). — Soit *(fig. 1, Pl. 148)*, une poutre à brides parallèles.

Considérons trois panneaux consécutifs $n-1$, n, $n+1$, et appelons :

D_{n-1}, D_n, D_{n+1}, les diagonales faisant partie du treillis simple;

D'_{n-1}, D'_n, D'_{n+1}, les diagonales jouant le rôle de barres surabondantes;

A_{n-1}, A_n, A_{n+1}, les barres de la bride supérieure;

A'_{n-1}, A'_n, A'_{n+1}, celles de la bride inférieure;

E_{n-2}, E_{n-1}, E_n, E_{n+1}, les montants verticaux limitant les panneaux $n-1$, n, $n+1$;

h_{n-1}, h_n, h_{n-1}, les écartements des montants verticaux;

B, l'écartement des brides.

L'équation médiane des expressions (2), qui devient la suivante, constitue l'expression générale de déformation quand on néglige la dilatation et que l'on remplace $\div M_1$, $+K_1$, par $-M_2$, $-K_2$.

$$
\left(\div \frac{D'_n}{E_{D'_n}\omega_{D'_n}}\right) = \left\{
\begin{aligned}
&-\sum^{E_{n-1}} \frac{a}{h'}\left[-\frac{\left(-K_2+t_{D'_{n-1}}\sin\alpha_{D'_{n-1}}+t_{D'_n}\sin\alpha_{D'_n}\right)}{E\omega\cos\beta_k}\right]\left(z'_{2D'_n}-z'_{1D'_n}\right) && \text{(A)}\\
&+\sum^{A_n} \frac{a}{h}\left[+\frac{\left(-M_2-t_{D'_n}z'_{D'_n}\right)}{E\omega h}\right]z'_{D'_n} && \text{(B)}\\
&-\sum^{D_n} \frac{a}{h'}\left[-\frac{\left(-K_2+t_{D'_n}\sin\alpha_{D'_n}\right)}{E\omega\cos\beta_k}\right]\left(z'_{2D'_n}-z'_{1D'_n}\right) && \text{(C)}\\
&+\sum^{A'_n} \frac{a}{h}\left[+\frac{\left(-M_2-t_{D'_n}z'_{D'_n}\right)}{E\omega h}\right]z'_{D'_n} && \text{(D)}\\
&-\sum^{E_n} \frac{a}{h'}\left[-\frac{\left(-K_2+t_{D'_n}\sin\alpha_{D'_n}+t_{D'_{n+1}}\sin\alpha_{D'_{n+1}}\right)}{E\omega\cos\beta_k}\right]\left(z'_{2D'_n}-z'_{1D'_n}\right); && \text{(E)}
\end{aligned}
\right.
$$

34. Modification de la formule (2'). — Nous allons transformer successivement les différents termes (A), (B), (C), (D), (E), composant le second membre de la formule en question.

1° Transformation du terme (A).

a. Valeur de a. — Cet élément représente la longueur du montant E_{n-1}. On a donc :

(a) $$a = +B.$$

b. Valeur de h' *(fig. 2, Pl. 148).* — Représentons le panneau GHMN, *(fig. 1, Pl. 148)*, ce panneau renfermant la barre E_{n-1} du terme (A).

Si nous supposons un allongement de HM (E_{n-1}), nous voyons qu'elle entraîne à une rotation de GH (A'_{n-1}), autour du sommet G.

Donc la hauteur h' doit être comptée à partir de cette origine G; et l'on peut poser :

$$h' = \pm \text{GH} = \pm h_{n-1}.$$

Pour fixer le signe à donner à la valeur h_{n-1}, de h', remarquons que l'allongement supposé de E_{n-1} correspond à une tension $+ t$, équilibrant un moment M_1 négatif.

Or, $+ t$ a pour valeur :

$$+ t = \frac{+ M_1}{+ h'}.$$

Donc, t étant positif, M_1 négatif, il faut que h' le soit aussi; et nous pouvons poser :

(b) $$h' = - h_{n-1}.$$

c. Valeur de cos β_k *(fig. 2, Pl. 148).* — Coupons le panneau A'_{n-1} $E_{n-1}A_n$, dont fait partie E_{n-1}, par un plan incliné, $Y'_kY'_{k'}$.

L'angle $\beta_{k'}$ sera positif, puisqu'on le lit au-dessous du point O.

Faisons tourner $Y'_kY'_{k'}$, autour de O, de la droite vers la gauche, en sens contraire des aiguilles d'une montre.

La limite de $+ \beta_{k'}$ sera $+ 0$; puisque, lorsque $\beta_{k'}$ devient négatif, l'axe en mouvement cesse de couper les barres A'_{n-1}, A_n, pour rencontrer A_{n-1}, A'_n.

Or, la limite $+ 0$, de $\beta_{k'}$, étant atteinte lorsque $Y'_kY'_{k'}$ coïncide avec E_{n-1}, cette limite est précisément l'angle β_k; et l'on peut poser :

(c) $$\cos \beta_k = + 1.$$

d. Valeur de sin $\alpha_{D'_{n-1}}$ *(fig. 3, Pl. 148).* — Représentons le panneau GHMN, et traçons l'axe spécial D'_{n-1} (NH).

L'angle HNM n'est autre chose que $\alpha_{D'_{n-1}}$; et il est positif, puisqu'il se lit au-dessus de D'_{n-1}.

Donc :

(d) $$\sin \alpha_{D'_{n-1}} = + \frac{\text{HM}}{\text{HN}} = + \frac{B}{D'_{n-1}} = + \frac{B}{D_{n-1}}.$$

e. Valeur de sin $\alpha_{D'_n}$. — On a de même, pour la même raison :

(e) $$\sin \alpha_{D'_n} = + \frac{B}{D_n}.$$

f. Valeur de $z'_{2D'_n} - z'_{1D'_n}$ *(fig. 4, Pl. 148).* — Représentons les panneaux GHILMN, et considérons la barre GH (A'_{n-1}), qui tourne autour de G, lorsque s'allonge la barre E_{n-1}.

$z'_{1D'_n}$ correspond à l'origine G, de GH;

$z'_{2D'_n}$, à son extrémité, H.

Abaissons les perpendiculaires HP, GQ, sur $D_{n'}$ (MI); et menons HR, parallèle à D'_n.

Nous avons successivement :

$$z'_{2D'_n} = -\,HP,$$

$$z'_{1D'_n} = -\,GQ,$$

$$z'_{2D'_n} - z'_{1D'_n} = -\,HP - (-\,GQ) = +\,GR.$$

Or, dans les triangles semblables GHR, HIP :

$$\frac{GR}{HP} = \frac{GH}{HI} = \frac{h_{n-1}}{h_n},$$

$$GR = HP \times \frac{h_{n-1}}{h_n}.$$

De plus, les triangles semblables HPI, HMI nous donnent

$$\frac{HP}{MH} = \frac{HP}{B} = \frac{HI}{MI} = \frac{h_n}{D'_n} = \frac{h_n}{D_n};$$

$$HP = \frac{h_n B}{D_n}.$$

Remplaçant dans l'équation précédente, il vient :

$$(f) \qquad z'_{2D'_n} - z'_{1D'_n} = +\frac{h_{n-1} B}{D_n}.$$

g. Transformation du terme (A). — Nous avons donc enfin :

$$-\sum^{E_{n-1}} \frac{a}{h'} \left[-\frac{(-K_2 + t_{D'_{n-1}} \sin \alpha_{D'_{n-1}} + t_{D'_n} \sin \alpha_{D'_n})}{E\omega \cos \beta_k} \right] (z'_{2D'} - z'_{1D'_n})$$

$$-\sum^{E_{n-1}} + \frac{+B}{-h_{n-1}} \left[-\frac{\left(-K_2 + t_{D'_{n-1}} \times \frac{B}{D_{n-1}} + t_{D'_n} \times \frac{B}{D_n}\right)}{+E\omega} \right] \left(+ \frac{+h_{n-1} B}{+D_n} \right),$$

$$-\frac{B^2}{E_{E_{n-1}} \omega_{E_{n-1}} D_n} \left[+ \left(-K_2^{E_{n-1}} + t_{D'_{n-1}} \times \frac{B}{D_{n-1}} + t_{D'_n} \times \frac{B}{D_n} \right) \right].$$

2° *Transformation du terme* (E).

a. Valeur de a. — Comme précédemment :

$$(a) \qquad a = + B.$$

b. Valeur de h'. — Raisonnant comme ci-dessus, il vient :

$$(b) \qquad h' = - h_n.$$

c. Valeur de $\cos \beta_k$. — De même :

$$(c) \qquad \cos \beta_k = + 1.$$

d. Valeur de $\sin \alpha_{D'_n}$. — Déterminée précédemment :

$$(d) \qquad \sin \alpha_{D'_n} = + \frac{B}{D_n}.$$

e. Valeur de $\sin \alpha_{D'_{n+1}}$. — D'une façon analogue :

$$(e) \qquad \sin \alpha_{D'_{n+1}} = + \frac{B}{D_{n+1}}.$$

f. Valeur de $z'_{2D'_n} - z'_{1D_n}$. — Nous voyons *(fig. 5, Pl. 148)* que l'allongement de E_n (IL) correspond à une rotation de HI (A'_n) autour de son origine H.

Nous avons donc :

$$(f) \qquad \begin{array}{l} z'_{2D'_n} = \quad 0, \\ z'_{1D'_n} = - HS = - \dfrac{h_n B}{D_n}; \\ \hline z'_{2D'_n} - z'_{1D'_n} = + 0 - \left(- \dfrac{h_n B}{D_n} \right) = + \dfrac{h_n B}{D_n}. \end{array}$$

g. Transformation du terme (E). — Il vient, par substitution :

$$- \sum^{E_n} \frac{a}{h'} \left[- \frac{\left(- K_2 + t_{D'_n} \sin \alpha_{D'_n} + t_{D'_{n+1}} \sin \alpha_{D'_{n+1}} \right)}{E\omega \cos \beta_k} \right] \left(z'_{2D'_n} - z_{1D_n} \right)$$

$$= - \sum^{E_n} + \frac{+ B}{- h_n} \left[- \frac{\left(- K_2 + t_{D'_n} \times \dfrac{B}{D_n} + t_{D'_{n+1}} \times \dfrac{B}{D_{n+1}} \right)}{+ E\omega} \right] \left(+ \frac{h_n B}{D_n} \right).$$

$$= - \frac{B^2}{E_{E_n} \omega_{E_n} D_n} \left[+ \left(- K_2^{E_n} + t_{D'_n} \times \frac{B}{D_n} + t_{D_{n-1}} \times \frac{B}{D_{n+1}} \right) \right].$$

3° *Transformation du terme* (C).

a. Valeur de a. — On a évidemment :

$$(a) \qquad a = + D_n.$$

b. Valeur de h'. — Nous voyons *(fig. 6, Pl. 148)* que l'allongement de D_n (HL), correspond à une rotation de ML (A_n) autour de son origine M.

Donc : $$h' = + MT.$$

Mais, les triangles semblables MTH, MLH nous donnent :

$$\frac{MT}{ML} = \frac{MT}{h_n} = \frac{MH}{HL} = \frac{B}{D_n},$$

$$MT = + \frac{h_n B}{D_n}.$$

Il vient donc :

$$(b) \qquad h' = + \frac{h_n B}{D_n}.$$

c. Valeur de $\cos \beta_k$. — Menons *(fig. 7, Pl. 148)* l'axe $Y_k Y'_k$, suivant la direction du montant vertical MH (E_{n-1}).

Nous voyons que :

$$(c) \qquad \cos \beta_k = - \frac{MH}{HL} = - \frac{B}{D_n}.$$

d. Valeur de $\sin \alpha_{D'_n}$. — Nous savons déjà que :

$$(d) \qquad \sin \alpha_{D'_n} = + \frac{B}{D_n}.$$

f. Valeur de $z'_{2D'_n} - z'_{1D'_n}$. — L'allongement de D_n entraîne à une rotation de ML (A_n) autour de son origine M.

Nous avons donc *(fig. 8, Pl. 148)* :

$$z'_{2D'_n} = + LU = + \frac{h_n B}{D_n},$$

$$z'_{1D'_n} = 0$$

$$(f) \qquad z'_{2D'_n} - z'_{1D'_n} = + \frac{h_n B}{D_n}.$$

g. Transformation du terme (C). — Il vient donc :

$$-\sum^{D_n}\frac{a}{h'}\left[-\frac{\left(-K_2+t_{D'_n}\sin\alpha_{D'_n}\right)}{E\omega\cos\beta_k}\right]\left(z'_{2D'_n}-z'_{1D'_n}\right)$$

$$=-\sum^{D_n}+\frac{+D_n^2}{+h_nB}\left[-\frac{\left(-K_2+t_{D'_n}\times\frac{B}{D_n}\right)}{-E\omega\times\frac{B}{D_n}}\right]\left(+\frac{h_nB}{D_n}\right),$$

$$=-\frac{D_n^2}{E_{D_n}\omega_{D_n}B}\left[+\left(-K_2^{D_n}+t_{D'_n}\times\frac{B}{D_n}\right)\right].$$

4° *Transformation du terme* (B).

a. Valeur de a. — Nous voyons que :

(a) $$a=+h_n.$$

b. Valeur de h. — Nous avons *(fig. 9, Pl. 148)* :

(b) $$h=-HM=-B.$$

c. Valeur de $z'_{D'_n}$. — Nous avons *(fig. 9, Pl. 148)* :

(c) $$z'_{D'_n}=-HS=-\frac{h_nB}{D_n}.$$

d. Transformation du terme (B). — Il vient alors :

$$+\sum^{A_n}\frac{a}{h}\left[+\frac{\left(-M_2-t_{D'_n}z'_{D'_n}\right)}{E\omega h}\right]z'_{D'_n}$$

$$=+\sum^{A_n}+\frac{+h_n}{-B}\left[+\frac{\left(-M_2+t_{D'_n}\times\frac{h_nB}{D_n}\right)}{-E\omega B}\right]\left(-\frac{h_nB}{D_n}\right),$$

$$=-\frac{h_n^2}{E_{A_n}\omega_{A_n}BD_n}\left[+\left(-M_2^{A_n}+t_{D'_n}\times\frac{h_nB}{D_n}\right)\right].$$

5° *Transformation du terme* (D).

a. Valeur de a. — Comme à l'article 4 :

(a) $$a=+h_n.$$

b. Valeur de h. — A l'inverse de l'article 4 :

$$(b) \qquad h = +\,\mathrm{B}.$$

c. Valeur de $z'_{\mathrm{D}'_n}$. — Toujours à l'inverse de l'article 4 :

$$(c) \qquad z'_{\mathrm{D}'_n} = +\frac{h_n \mathrm{B}}{\mathrm{D}_n}.$$

d. Transformation du terme (D). — On a alors :

$$+\sum^{\mathrm{A}'_n} \frac{a}{h}\left[+\frac{\left(-\mathrm{M}_2 - t'_{\mathrm{D}_n} z'_{\mathrm{D}'_n}\right)}{\mathrm{E}\omega h}\right] z'_{\mathrm{D}_n}$$

$$= +\sum^{\mathrm{A}'_n} +\frac{+h_n}{+\mathrm{B}}\left[+\frac{\left(-\mathrm{M}_2 - t_{\mathrm{D}'_n} \times \frac{h_n \mathrm{B}}{\mathrm{D}_n}\right)}{+\mathrm{E}\omega \mathrm{B}}\right]\left(+\frac{h_n \mathrm{B}}{\mathrm{D}_n}\right),$$

$$= +\frac{h_n^2}{\mathrm{E}_{\mathrm{A}'_n}\omega_{\mathrm{A}'_n}\mathrm{B}\mathrm{D}_n}\left[+\left(-\mathrm{M}_2^{\mathrm{A}'_n} - t_{\mathrm{D}'_n} \times \frac{h_n \mathrm{B}}{\mathrm{D}_n}\right)\right].$$

6° *Transformation de la formule* (2'). — Remplaçant, dans cette expression, les différents termes par leurs nouvelles valeurs, nous obtenons :

$$t_{\mathrm{D}'_n}\left(+\frac{\mathrm{D}'_n}{\mathrm{E}_{\mathrm{D}'_n}\omega_{\mathrm{D}'_n}}\right) = \begin{cases} -\dfrac{\mathrm{B}^2}{\mathrm{E}_{\mathrm{E}_{n-1}}\omega_{\mathrm{E}_{n-1}}\mathrm{D}_n}\left[+\left(-\mathrm{K}_2^{\mathrm{E}_{n-1}} + t_{\mathrm{D}'_{n-1}} \times \dfrac{\mathrm{B}}{\mathrm{D}_{n-1}} + t_{\mathrm{D}'_n} \times \dfrac{\mathrm{B}}{\mathrm{D}_n}\right)\right] & (\mathrm{A}) \\ -\dfrac{h_n^2}{\mathrm{E}_{\mathrm{A}_n}\omega_{\mathrm{A}_n}\mathrm{B}\mathrm{D}_n}\left[+\left(-\mathrm{M}_2^{\mathrm{A}_n} + t_{\mathrm{D}'_n} \times \dfrac{h_n \mathrm{B}}{\mathrm{D}_n}\right)\right] & (\mathrm{B}) \\ -\dfrac{\mathrm{D}_n^2}{\mathrm{E}_{\mathrm{D}_n}\omega_{\mathrm{D}_n}\mathrm{B}}\left[+\left(-\mathrm{K}_2^{\mathrm{D}_n} + t_{\mathrm{D}'_n} \times \dfrac{\mathrm{B}}{\mathrm{D}_n}\right)\right] & (\mathrm{C}) \\ +\dfrac{h_n^2}{\mathrm{E}_{\mathrm{A}'_n}\omega_{\mathrm{A}'_n}\mathrm{B}\mathrm{D}_n}\left[+\left(-\mathrm{M}_2^{\mathrm{A}'_n} - t_{\mathrm{D}'_n} \times \dfrac{h_n \mathrm{B}}{\mathrm{D}_n}\right)\right] & (\mathrm{D}) \\ -\dfrac{\mathrm{B}^2}{\mathrm{E}_{\mathrm{F}_n}\omega_{\mathrm{E}_n}\mathrm{D}_n}\left[+\left(-\mathrm{K}_2^{\mathrm{E}_n} + t_{\mathrm{D}'_n} \times \dfrac{\mathrm{B}}{\mathrm{D}_n} + t_{\mathrm{D}'_{n+1}} \times \dfrac{\mathrm{B}}{\mathrm{D}_{n+1}}\right)\right] & (\mathrm{E}) \end{cases}$$

CHAPITRE VI

Pile métallique à quatre arbalétriers parallèles.

§ 12. — Calcul d'une pile métallique à quatre arbalétriers parallèles, quand les diagonales travaillent toutes *(fig. 10, 11, 12, Pl. 148)*.

35. Marche a suivre. — Comme au numéro 8.

36. Calcul des tensions t' (forces de plan YXX').

A. Valeur des sections fictives Ω'_{A_n}, $\Omega'_{A'_n}$.

a_1. *Section fictive* Ω'_{A_n}. — Prenons l'expression (15), et voyons ce qu'elle devient avec le parallélisme des arbalétriers.

1° *Valeur de* A_n. — Nous avons évidemment :

$$A_n = + h_n.$$

2° *Valeur de* $\cos \alpha_{A_G}$. — Les arbalétriers étant verticaux :

$$\cos \alpha_{A_G} = + 1.$$

3° *Valeur de* $\cos \alpha_{d_n}$. — La *(fig. 11, Pl. 148)* nous montre que :

$$\cos \alpha_{d_n} = + \frac{h_n}{d_n}.$$

4° *Valeur de* $\cos \beta_{d_n}$. — L'angle β_{d_n} étant égal à α_{d_n}, il vient :

$$\cos \beta_{d_n} = + \frac{h_n}{d_n}.$$

5° *Transformation de la formule* (15). — Remplaçant, on obtient :

$$\Omega'_{A_n} = \omega_{A_n}\left[1 + \frac{h_n^3 E_{d_n} \omega_{d_n}}{d_n^3 E_{A_n} \omega_{A_n}}\right]. \tag{15'}$$

a_2. *Section fictive* $\Omega'_{A'_n}$. — On a toujours :

$$\Omega'_{A'_n} = \Omega'_{A_n}. \tag{6}$$

B. Calcul des tensions t', dans l'étrésillonnage de la palée transversale AA'; et des tensions fictives T'_A, $T'_{A'}$, dans les arbalétriers.

b_1. *Tensions* t' *dans les diagonales* D', *jouant le rôle des barres surabondantes.* — Dans chaque panneau, appliquer la formule (2''),

dans laquelle on remplace les sections réelles ω_A, $\omega_{A'}$, par les sections fictives Ω'_A, $\Omega'_{A'}$.

Cela donne autant d'équations qu'il y a de panneaux, c'est-à-dire d'inconnues $t'_{D'}$; et la solution, très simple du reste, de ces équations, permet d'en tirer les tensions $t'_{D'}$.

b_2. *Tensions* t' *dans les diagonales* D *et les barres horizontales* E. *Tensions fictives* T'_A, $T'_{A'}$, *dans les arbalétriers.* — Opérer comme pour les piles à quatre arbalétriers convergents, dans le cas où les diagonales travaillent toutes.

B'. Tensions t' dans l'étrésillonnage de la palée transversale $A_1A'_1$; et tensions fictives T'_{A_1}, $T'_{A'_1}$, dans les arbalétriers.

Les mêmes que pour la palée AA'.

C. Calcul des tensions t' dans les arbalétriers et dans l'étrésillonnage de la palée longitudinale AA_1.

c_1. *Tensions* t' *dans l'arbalétrier* A. — Nous avons, comme précédemment :

$$(13) \qquad t'_{A_n} = T'_{A_n} \times \frac{\omega_{A_n}}{\Omega'_{A_n}}.$$

c_2. *Tensions* t', *dans l'arbalétrier* A_1. — Nous avons toujours :

$$(13\,bis) \qquad t'_{A_{1n}} = t'_{A_n}.$$

c_3. *Tensions* t' *dans les diagonales.* — La formule (14) devient :

$$(14') \qquad t'_{d_n} = t'_{d'_n} = + t'_{A_n} \times \frac{h_n^2 E_{d_n} \omega_{d_n}}{d_n^2 E_{A_n} \omega_{A_n}}.$$

c_4. *Tensions* t' *dans les barres horizontales.* — Formule (9).

C'. Tensions t' dans les arbalétriers et dans l'étrésillonnage de la palée longitudinale $A'A'_1$. — Raisonner comme pour la palée AA_1.

37. Calcul des tensions t'' (forces du plan YZZ'). — Comme pour t', l'ordre des palées étant interverti.

38. Calcul de tension totale t. — Formule (10).

§ 13. — Calcul d'une pile métallique à quatre arbalétriers parallèles, quand les diagonales tendues travaillent seules.

39. Marche a suivre. — Comme pour les piles à quatre arbalétriers convergents.

§ 14. — Simplification de la formule (2″), quand la pile est soumise à une charge verticale, dirigée suivant l'axe; ou à un couple de flexion agissant dans la direction des arbalétriers; les barres de même nature étant de section constante et les panneaux ayant même hauteur.

40. La pile est soumise a une charge verticale, $2S_v$, agissant suivant son axe. — Si cette charge ne produit pas de ploiement, les diagonales D et D′ travaillent sous des efforts égaux et constants dans tous les panneaux.

Les équations (2″) se réduisent donc à une seule, donnant directement $t_{D'}$ et t_D.

a. Transformation du terme (A). — Le terme $-K_2^{A_n}$ disparaît; et il vient, en réduisant le reste :

$$-\frac{B^2}{E_{E_{n-1}}\omega_{E_{n-1}}D_n}\left[+\left(-K_2^{E_{n-1}}+t_{D'_{n-1}}\times\frac{B}{D_{n-1}}+t_{D'_n}\times\frac{B}{D_n}\right)\right]$$

$$=-\frac{B^2}{E_E\omega_E D_n}\left[+\left(+t_{D'}\times\frac{B}{D}+t_{D'}\times\frac{B}{D}\right)\right],$$

$$=-t_{D'}\times\frac{2B^3}{E_E\omega_E D^2}.$$

b. Transformation du terme (E). — Nous avons de même :

$$-\frac{B^2}{E_{E_n}\omega_{E_n}D_n}\left[+\left(-K_2^{E_n}+t_{D'_n}\times\frac{B}{D_n}+t_{D'_{n+1}}\times\frac{B}{D_{n+1}}\right)\right]$$

$$=-\frac{B^2}{E_E\omega_E D_n}\left[+\left(+t_{D'}\times\frac{B}{D}+t_{D'}\times\frac{B}{D}\right)\right],$$

$$=-t_{D'}\times\frac{2B^3}{E_E\omega_E D^2}.$$

c. Transformation du terme (C). — On a :

$$-\frac{D_n^2}{E_{D_n}\omega_{D_n}B}\left[+\left(-K_2^{D_n}+t_{D'_n}\times\frac{B}{D_n}\right)\right]$$
$$=-\frac{D^2}{E_D\omega_D B}\left[+\left(+t_{D'}\times\frac{B}{D}\right)\right]=-t_{D'}\times\frac{D}{E_D\omega_D}.$$

d. Transformation du terme (B). — Le moment $M_2^{A_n}$ a pour valeur :

$$M_2^{A_n}=-S_v\times\frac{B}{2}.$$

Remplaçant dans (B), il vient :

$$-\frac{h_n^2}{E_{A_n}\omega_{A_n}BD_n}\left[+\left(-M_2^{A_n}+t_{D'_n}\times\frac{h_nB}{D_n}\right)\right]$$
$$=-\frac{h^2}{E_A\omega_ABD}\left[+\left(+S_v\times\frac{B}{2}+t_{D'}\times\frac{hB}{D}\right)\right],$$
$$=-t_{D'}\times\frac{h^3}{E_A\omega_AD^2}-S_v\times\frac{h^2}{2E_A\omega_AD}.$$

e. Transformation du terme (D). — Nous avons successivement

$$M_2^{A'_n}=+S_v\times\frac{B}{2},$$
$$+\frac{h_n^2}{E_{A'_n}\omega_{A'_n}BD_n}\left[+\left(-M_2^{A'_n}-t_{D'_n}\times\frac{h_nB}{D_n}\right)\right]$$
$$=+\frac{h^2}{E_A\omega_ABD}\left[+\left(-S_v\times\frac{B}{2}-t_{D'}\times\frac{hB}{D}\right)\right]$$
$$=-t_{D'}\times\frac{h^3}{E_A\omega_AD^2}-S_v\times\frac{h^2}{2E_A\omega_AD}.$$

f. Transformation du premier membre. — On a évidemment :

$$+t_{D'_n}\left(+\frac{D'_n}{E_{D'_n}\omega_{D'_n}}\right)=+t_{D'}\times\frac{D}{E_D\omega_D}.$$

g. Transformation de la formule (2″). — Il vient :

$$+ t_{D'} \times \frac{D}{E\ \omega_D} = \begin{cases} - t_{D'} \times \dfrac{2B^3}{E_E \omega_E D^2} \\ - t_{D'} \times \dfrac{h^3}{E_A \omega_A D^2} - S_v \times \dfrac{h^2}{2E_A \omega_A D} \\ - t_{D'} \times \dfrac{D}{E_D \omega_D} \\ - t_{D'} \times \dfrac{h^3}{E_A \omega_A D^2} - S_v \times \dfrac{h^2}{2E_A \omega_A D} \\ - t_{D'} \times \dfrac{2B^3}{E_E \omega_E D^2}, \end{cases}$$

$$(2''') \quad t_{D'} = t_D = - S_v \times \frac{+ \dfrac{h^2}{E_A \omega_A D}}{+ \dfrac{2D}{E_D \omega_D} + \dfrac{4B^3}{E_E \omega_E D^2} + \dfrac{2h^3}{E_A \omega_A D^2}}.$$

41. LA PILE EST SOUMISE, EN UN DE SES POINTS, A UN COUPLE DE FLEXION DE MOMENT 2μ, AGISSANT DANS LA DIRECTION DES ARBALÉTRIERS. — Les palées transversales ou longitudinales se partagent ce moment 2μ, qui devient μ pour l'une d'elles.

Remplaçons le couple de moment μ par deux forces, dirigées suivant les arbalétriers, et égales :

La première, à $- \frac{\mu}{B}$,

La seconde, à $+ \frac{\mu}{B}$.

On peut admettre, avec une approximation suffisante : Que les diagonales D′ travaillent comme si la palée était soumise à une charge $+ \frac{2\mu}{A}$, agissant suivant son axe ;

Que les diagonales D travaillent comme si la palée était soumise à une charge $- \frac{2\mu}{B}$, dirigée également suivant son axe.

La formule (2‴) devient alors, en remplaçant S_v par $+ \frac{2\mu}{B}$:

$$(2^{IV}) \quad t_{D'} = - t_D = - \frac{2\mu}{B} \times \frac{\dfrac{h^2}{E_A \omega_A D}}{+ \dfrac{2D}{E_D \omega_D} + \dfrac{4B^3}{E_E \omega_E D^2} + \dfrac{2h^3}{E_A \omega_A D^2}}.$$

REMARQUE. — Dans ces formules, remplacer ω_A par Ω'_A, quand on calcule les piles.

CHAPITRE VII

Colonne en treillis.

§ 15. — Exposé.

42. Appliquer la formule du chapitre précédent, en ajoutant aux compressions, moments de flexions et effort tranchants dus aux charges extérieures, les moments de ploiements produits par les charges verticales dirigées suivant l'axe des colonnes (1).

(1) Voir notre ouvrage : *Calcul des constructions métalliques.* Guide théorique et pratique. Bernard et C^ie^, éditeurs, 53 *ter*, quai des Grands-Augustins.

VOITURES AUTOMOBILES

COMPTE RENDU DE LA COURSE PARIS-BORDEAUX

PAR

M. G. COLLIN

L'an dernier, à peu près à pareille époque, j'ai eu l'honneur de présenter à la Société un compte rendu du concours des voitures automobiles organisé par *le Petit Journal*.

Ce concours avait pour but, on s'en souvient, de récompenser la voiture sans chevaux qui remplirait les conditions d'être, sans danger, aisément maniable pour les voyageurs et de ne pas coûter trop cher sur la route.

Peu après ce concours, sur l'initiative d'un constructeur, le comte de Dion, un comité s'est formé sous la présidence de MM. Marcel Despretz et Berger pour l'organisation d'une course en 1895.

Il réunissait de généreux donateurs tels que le baron de Zuylen et M. Gordon Bennett, les constructeurs de véhicules automobiles et un certain nombre de personnes s'intéressant à ce genre de locomotion.

Ce comité a élaboré un règlement dont voici les principaux articles :

ARTICLE PREMIER. — La course est internationale. Les constructeurs ou inventeurs seuls pourront y prendre part.

ART. 2. — La course se fera de Paris à Bordeaux aller et retour d'une seule traite (environ 1 200 *km*). Les véhicules montés au moins par deux personnes pourront seuls prendre part au concours, exception est faite pour les bicyclettes, tricycles et quadricycles mentionnés à l'article 13.

ART. 3. — Les véhicules ne seront admis à concourir qu'à la condition d'être actionnés par un moteur autre qu'une force animale.

ART. 4. — Les sommes provenant de la souscription, des inscriptions, etc., seront ainsi réparties :

1er arrivé à Paris.	50 0/0
2e —	20 0/0
3e —	10 0/0
Les quatre suivants	5 0/0

ART. 5. — Le premier prix ne pourra être attribué qu'à une voiture de quatre places et au-dessus.

. . . . . .

ART. 10. — Le nombre des voitures n'est pas limité pour chaque constructeur ou inventeur, mais les concurrents ne pourront pas présenter plusieurs voitures du même type et de dimensions similaires.

ART. 11. — Les concurrents pourront changer de conducteurs en cours de route.

ART. 12. — Les véhicules devront porter le nombre de voyageurs indiqué ou un poids mort équivalent fixé à 75 *kg* par voyageur manquant.

ART. 13. — Il sera distrait une somme de 5 000 *f* sur le montant des sommes disponibles pour donner un prix spécial aux quadricycles, tricycles et bicyclettes mécaniques à une place n'excédant pas 150 *kg* en ordre de marche et sans voyageur.

ART. 14. — Ces 5 000 *f* seront ainsi répartis :

2 500 *f* au premier arrivé à Paris.
1 500 *f* au deuxième.
500 *f* aux deux suivants.

Tous ces prix spéciaux ne pourront être décernés qu'aux véhicules ayant fait le trajet dans un temps maximum de 100 heures.

ART. 15. — Aucune réparation en cours de route de quelque nature qu'elle soit, ne pourra être faite que par le propriétaire de la voiture ou son agent avec les ressources du matériel de réparation emporté par chaque voiture et cela sous le contrôle des Commissaires.

Organisation de la course.

Comme on le voit l'épreuve de 1895 est toute différente de celle de 1894 organisée par *le Petit Journal;* dans celle-ci le jugement

portait sur la *sécurité*, la *commodité*, le *bon marché;* dans celle-là la vitesse seule entre en ligne de compte.

Étant donnée la longueur du parcours (1 200 *km*), il est incontestable que la vitesse ne saurait aller sans la sécurité et la commodité; *elle ne suppose pas le bon marché au contraire.* Si d'une part la course de 1895 admet les bicyclettes automobiles, d'autre part elle reste fermée à une classe de véhicules dont le concours de 1894 a révélé d'une façon peut-être un peu inattendue la haute importance, les tracteurs sur route, étudiés surtout en vue du second facteur du travail : la charge à remorquer.

On peut donc dire que la course de 1895 est moins générale que le concours de 1894.

Le Comité a pensé qu'il ne suffisait pas de montrer au public les qualités d'endurance des voitures automobiles, qu'il fallait aussi lui permettre de les examiner en détail avant la course, et de constater leur état au retour; il a décidé l'organisation d'une exposition internationale de la locomotion automobile à laquelle les concurrents seraient tenus de présenter les véhicules avant la course et qui réunirait aussi ceux auxquels une étude ou une construction trop hâtive ne permettait pas d'affronter l'épreuve.

Cette exposition très habilement organisée par MM. Thévin et Houry dans la galerie Rapp, a réuni un bon nombre de véhicules automobiles et des spécimens des inventions et applications très diverses qui s'y rattachent.

Les concurrents heureux ont tenu à ramener à l'exposition les véhicules qui avaient effectué le parcours complet, et le public a pu constater l'excellent état dans lequel ils se trouvaient après avoir accompli en si peu de temps le long parcours de 1 200 *km*.

Les résultats de la course sont donnés par la comparaison des tableaux suivants :

I. — Engagements.

SYSTÈMES DE VOITURES	VAPEUR	PÉTROLE	ÉLECTRICITÉ	TOTAL
Voitures à 4 places et au-dessus.	11	18	2	31
Voitures à 2 places.	2	5	»	7
Tricycles et bicyclettes.	2	6	»	8
TOTAL.	15	29	2	46

II. — Départ de Versailles.

SYSTÈMES DE VOITURES	VAPEUR	PÉTROLE	ÉLECTRICITÉ	TOTAL
Voitures à 4 places et au-dessus.	6	9	1	16
Voitures à 2 places.	»	4	»	4
Tricycles et bicyclettes.	»	2	»	2
TOTAL.	6	15	1	22

III. — Virage de Bordeaux.

SYSTÈMES DE VOITURES	VAPEUR	PÉTROLE	ÉLECTRICITÉ	TOTAL
Voitures à 4 places et au-dessus.	2	7	»	9
Voitures à 2 places.	»	2	»	2
Tricycles et bicyclettes.	»	»	»	»
TOTAL.	2	9	»	11

IV. — Arrivées à Paris.

SYSTÈMES DE VOITURES	VAPEUR	PÉTROLE	ÉLECTRICITÉ	TOTAL
Voitures à 4 places et au-dessus.	1	6	»	7
Voitures à 2 places.	»	2	»	2
Tricycles et bicyclettes.	»	»	»	»
TOTAL.	1	8	»	9

Les neuf véhicules arrivés à Paris sont, suivant leur temps de parcours :

5 Panhard et Levassor (voiture à pétrole).
15 Peugeot. . . . . Id.
16 Id. . . . . Id.
8 Id. . . . . Id.

12 Roger. . . . . (voiture à pétrole).
7 Panhard et Levassor Id.
28 Id. Id.
13 Roger. . . . . Id.
24 Bollée. . . . . (omnibus à vapeur).

Nous allons passer sommairement en revue les véhicules présentés à l'exposition nous arrêtant, plus particulièrement, à ceux qui ont pris part à la course; nous donnerons ensuite un compte rendu de la course. Enfin, nous examinerons les progrès réalisés par la locomotion automobile depuis le concours de 1894.

I. L'EXPOSITION

1° Voitures à pétrole.

Il est bien entendu que nous désignons par voitures à pétrole, des voitures mues par un moteur à essence de pétrole pesant environ 700 *gr* par litre; qu'il n'est en aucun cas question de pétrole lampant : un seul véhicule a été engagé à la course sous le titre de bicyclette à pétrole lampant. Il n'a pas figuré à l'Exposition ni pris part à la course.

Voitures Panhard et Levassor

La Maison Panhard et Levassor a présenté un certain nombre de véhicules rentrant dans le type que nous avons décrit l'an dernier.

Telles sont:

La voiture 6 (15 du concours de 1894) voiture à deux places *(fig. 1, Pl. 149)*, pesant 630 *kg*, ayant un moteur de 280 *kgm* et une transmission donnant les trois vitesses de 7, 16 et 25 *km*;

La voiture 7 (13 du concours de 1894), voiture à 4 places, pesant 750 *kg*, ayant un moteur de 280 *kgm* et une transmission donnant les quatre vitesses de 6, 12, 18 et 24 *km*.

Ce type a été légèrement modifié, d'abord par l'application du nouveau carburateur à réglage automatique dont nous avons indiqué le principe; les engrenages, au lieu d'être tout en bronze, ont une denture d'acier; l'arbre intermédiaire porte le mouvement différentiel entre les deux engrenages cônes de la transmission d'angle; l'essieu d'arrière est fixe et le mouvement est

transmis de l'arbre intermédiaire aux rayons des roues arrière par deux chaînes Galle.

De plus, le moteur a été l'objet d'un perfectionnement important, étudié dans le sens qu'a indiqué, ici même, notre ancien Président, M. P. du Bousquet, dans la séance du 5 janvier 1894 :

« Avec un poids par cheval de plus en plus réduit, nous a-t-il dit, on peut aborder des problèmes de plus en plus difficiles, atteindre des vitesses de plus en plus grandes.

» Pour gagner en vitesse il faut étudier de très près la question de la réduction de la résistance. »

Le moteur Daimler, primitivement utilisé pour la locomotion, donnait 240 *kgm;* les deux cylindres à axes convergents avaient une course de 120 *mm* et un diamètre de 75 *mm*. On a obtenu 280 *kgm* en gardant le même diamètre et en portant la course à 140 *mm*, le nombre de tours était de 7 à 800.

Dans le moteur nouveau les cylindres, d'axes parallèles, sont accolés l'un à l'autre, les pistons actionnent la même manivelle, la course est de 120 *mm* comme dans le Daimler primitif, le diamètre a été porté à 80 *mm*, le nombre de tours est supérieur à 800 et la puissance exactement de 4 *ch*.

La grande supériorité de ce moteur sur les précédents est dans son moindre volume qui permet de le placer plus facilement sur une voiture et surtout, dans son moindre poids, il ne dépasse pas 83 *kg*, tandis que le poids du Daimler est de 140 *kg*.

La résistance absorbée par les transmissions est diminuée par ce fait que les engrenages sont enfermés dans une boîte hermétiquement close où leur lubrification est assurée à l'abri de la poussière de la route.

Deux voitures de la course étaient munies de ces derniers perfectionnements : la voiture 5, avec le moteur que je viens de décrire, pèse 604 *kg* et donne les trois vitesses de 9, 20 et 30 *km* à l'heure. La figure 1 donne le diagramme de cette voiture.

La voiture 28, engagée comme voiture à cinq places, mais en offrant davantage, est munie d'un moteur de même type, pouvant donner plus de 8 *ch*, son poids est de 1 800 *kg*, elle donne quatre vitesses, la plus élevée étant de 30 *km* à l'heure.

Les transmissions sont toutes à l'abri de la poussière y compris la transmission d'angle sur l'arbre intermédiaire. Cette voiture est particulièrement intéressante par la puissance de son moteur et son nombre de places.

Voitures Peugeot

Comme on le sait, la maison Peugeot utilise le moteur Daimler. construit par la maison Panhard et Levassor; les brûleurs sont du système Longuemare.

Le véhicule est un quadricycle en tubes d'acier ; les roues ont les rayons d'acier et sont montées avec le roulement à billes, la suspension de l'avant *(fig. 2, Pl. 149)* est étudiée de façon que le bâti reste horizontal, malgré les cahots de la route. L'avant de la voiture est porté par un seul ressort, fixé en son milieu au châssis tubulaire par un tourillon et relié à ses deux extrémités à l'essieu d'avant par deux biellettes. L'essieu a de ce fait deux mouvements :

1° Un mouvement de balancement autour du tourillon.

2° Un mouvement d'oscillation résultant de la flexion du ressort; il est guidé dans ces deux mouvements, presque toujours simultanés par deux coulisses. Ce mode de suspension a pour effet de laisser constamment le siège horizontal, que ce soit l'une ou l'autre des roues qui provoque ces mouvements. Les voitures 15, 16 et 8 présentées à l'exposition et engagées à la course, étaient du même type que celles du concours de 1894.

Voiture Rossel

M. Rossel, constructeur à Lille, a présenté à l'exposition une voiture analogue, par sa construction, aux précédentes, mais dont tous les arbres intermédiaires sont montés à billes et dont les roues motrices sont montées avec rayons tangents pour faciliter la transmission de l'effort à la jante. Tous les appareils de conduite sont réunis sur la tige de direction.

Voitures Roger

M. Roger a présenté deux voitures à quatre places du type de 1894, actionnées par moteur Bentz de 4 *ch* avec inflammation électrique et vitesse de rotation de 250 à 300 tours.

La voiture 12 pesait 760 *kg*, la voiture 13, 845; le moteur est placé horizontalement, position très avantageuse au point de vue des trépidations qui seraient fort atténuées si le moteur n'était à un seul cylindre.

Voiture Delahaye

La voiture Delahaye dont la figure 3 *(Pl. 149)* donne un diagramme a apporté à l'exposition un type nouveau qui a été particulièrement remarqué. Elle est d'une carrosserie élégante et soignée et le moteur est équilibré de façon à diminuer notablement les trépidations, il est horizontal à deux cylindres avec manivelles à 180°, il tourne à 400 tours et donne 5 *ch*. L'inflammation se fait par l'électricité, la transmission se fait par courroies et donne deux vitesses.

Malheureusement, cette voiture a été terminée tardivement et ses essais étaient insuffisants pour lui permettre de concourir.

2° Voitures à vapeur.

Voitures de Dion et Bouton

MM. de Dion et Bouton ont présenté à l'exposition et au concours sous le numéro 1, le tracteur dont nous avons décrit l'an dernier le moteur et la transmission du mouvement directement à la jante ; sous le n° 3 un breack à quatre places d'un modèle nouveau :

La chaudière du type de Dion et Bouton a une surface de chauffe de 3,412 *m* et est timbrée à 14 *kg*; elle est munie à la partie inférieure d'un serpentin servant à surchauffer la vapeur. Son poids est de 250 *kg*.

Le moteur est une machine Woolf dont les pièces en mouvement sont équilibrées; les manivelles sont calées à 180° les cylindres sont face à face, ont des diamètres de 75 *mm* pour la HP, et 115 *mm* pour la BP, avec une course commune de 90 *mm*. Le grand cylindre a une enveloppe de vapeur. La puissance effective à 800 tours est de 11 *ch* le poids du moteur est de 153 *kg*, celui de la transmission de 145 *kg*.

La machine actionne directement l'arbre de commande du différentiel sur lequel se trouvent deux pignons de changement de vitesse, susceptibles de se déplacer dans le sens de l'arbre ; le mouvement du différentiel est transmis aux roues par deux arbres pourvus de joints à la Cardan ; les fusées sont creuses et sont traversées par des axes portant des plateaux d'entraînement extérieurs qui attaquent les moyeux des roues ; les rayons des roues motrices sont tangents.

L'approvisionnement d'eau et de coke est de 200 *l*, ce qui permet un parcours sans arrêt de 70 *km*. La vitesse de 40 *km* peut être dépassée sur bonne route.

Voitures Serpollet

Sous les numéros 20 et 21 M. Serpollet a présenté deux voitures à quatre places. Ces voitures sont munies du générateur à vaporisation instantanée qui a été décrit à la Société : le générateur est actuellement composé de tubes droits raccordés en bout, étagés en tension pour la bonne utilisation du chauffage et présentant une section de forme caractéristique en C qui assure aux tubes une indéformabilité complète sous l'action de la pression intérieure de la vapeur.

Une pompe injecte dans ces tubes de l'eau en quantité variable à la volonté du conducteur : d'où, variation de pression ; le démarrage est obtenu en injectant de l'eau avec une pompe à main.

Sur les voitures 20 et 21 le moteur est entre les deux essieux, le générateur sur l'essieu d'arrière, le réservoir d'eau sous le siège d'arrière, le réservoir à coke entre la chaudière et le siège ; le chargement se fait mécaniquement. Poids de la voiture en charge : 900 *kg* environ.

Cette voiture présente sur les autres voitures à vapeur de nombreux avantages : suppression du réservoir de vapeur et des appareils de sûreté ; démarrage rendu facile dans tous les cas, et grande élasticité dans la marche, par l'élévation instantanée de la pression ; suppression de la manutention du combustible en marche.

Malheureusement les voitures 20 et 21 présentaient le même défaut de carrosserie : l'écartement des roues d'avant trop faible pour donner une entière sécurité.

Une troisième voiture, munie du générateur Serpollet, de MM. Gauthier et Werlé a pris part à la course.

Cette voiture, d'un dessin très original, présente quatre roues d'égal diamètre ce qui n'a rien d'irrationnel.

Omnibus Bollée

L'omnibus de M. Amédée Bollée, constructeur au Mans, a été construit en 1880. Il pèse en ordre de marche 5 000 *kg*. Un châssis, monté sur ressorts, porte à l'avant la caisse, à l'arrière la chaudière et le moteur

La direction, par essieu brisé, s'obtient de l'intérieur de la voiture où est réunie la commande de tous les appareils.

La chaudière est du type Field, avec réchauffeur, le moteur à vapeur, horizontal, à deux cylindres avec tiroir unique et enveloppe de vapeur.

La transmission se fait par arbre intermédiaire permettant deux vitesses, et chaînes Galle avec tendeur.

L'approvisionnement d'eau est suffisant pour 40 *km*, celui du charbon pour 150 *km*. La puissance du moteur n'a point été déterminée; nous verrons qu'elle répondait à la fois aux exigences du poids de la voiture et des conditions du concours.

Tracteur Le Blant

M. Le Blant a exposé un tracteur à vapeur de 45 *ch*, pesant 3 *t* et remorquant une charge de 5 *t* à une vitesse maxima de 13 *km*. La chaudière est du système Serpollet, le moteur est à deux cylindres de 170 de diamètre sur 180 de course. La direction est à avant-train. Un petit cheval permet la manutention des marchandises remorquées.

Omnibus Scotte

Bien que les travaux de M. Scotte n'aient point été présentés à l'Exposition, je crois ne pas pouvoir les passer sous silence. Depuis le concours de 1894, M. Scotte a entrepris l'établissement d'omnibus à vapeur, et deux services de ce genre viennent d'être inaugurés, le premier en Normandie, le second à Saint-Maur. Deux voitures composent ce train routier *(fig. 4, Pl. 149)*, la voiture motrice contient douze places et pèse 3 200 *kg*, la voiture remorquée contient vingt-huit places et pèse 1 600 *kg*. L'approvisionnement d'eau est de 660 *kg*, celui du charbon 300 *kg* (soit 144 *kg* de poids mort par place offerte). La vitesse commerciale obtenue sur route de profil ordinaire est de 12 *km* avec les deux véhicules, supérieure à 15 avec un seul.

Les résultats, très intéressants de cette première application de la locomotion automobile à un service public méritent d'être signalés.

3° Voitures électriques.

Voiture Jeanteaud

La voiture électrique n° 25, qui a pris part à la course, a été construite par notre collègue M. Jeantaud; elle se compose de deux sièges parallèles à deux places chacune et d'un siège derrière également à deux places en dos à dos. L'avant est garni d'un garde-boue circulaire supportant une lanterne électrique à trois feux.

Un coffre sous les places d'arrière est ménagé pour recevoir la batterie d'accumulateurs.

Le poids total est environ 2,200 *t.*

La suspension à l'avant *(fig. 5, Pl. 149)* est assurée par deux ressorts droits réunis en leur milieu en opposition l'un à l'autre, placés transversalement sous la caisse ; celle-ci est supportée par les extrémités du ressort supérieur; les extrémités du ressort inférieur reposent sur l'essieu près des pivots de direction. Ce mode de suspension présente les avantages que nous avons indiqués pour les voitures Peugeot.

La partie mécanique se compose d'un arbre portant le différenrentiel et actionnant les deux roues au moyen de chaines.

Sur le différentiel sont placées deux couronnes avec dentures chevronnées permettant d'obtenir les vitesses de 12 et 24 *km* au régime normal du moteur. Un embrayage magnétique de Bovet devait opérer le changement de vitesse, mais n'a pu être achevé à temps.

Le moteur suspendu à la caisse par un ressort à lames a été étudié et exécuté par M. Rechniewski, ingénieur en chef de la Société Postel-Vinay. Il est établi pour donner à son régime normal, sous une tension de 70 volts, une puissance de près de 7 *ch* correspondant à une intensité de 70 ampères environ. Son poids est de 225 *kg*, son rendement est, dit-on, de 90 0/0, et il se prête à de vigoureux coups de collier.

La batterie d'accumulateurs qui fournit l'énergie au moteur, se compose de 38 éléments du type C 21 de la Société d'accumulateurs Fulmen répartis en 12 boîtes de 3 et 4 compartiments; chaque élément pèse 15 *kg*.

Au débit de 70 ampères, la batterie permet trois heures de marche à la vitesse de 24 *km* à l'heure, en palier et sur bonne route.

Tricycle et Bicyclettes à pétrole.

Tricycle de Dion et Bouton.

Outre les deux véhicules cités plus haut, MM. de Dion et Bouton ont présenté à l'Exposition un tricycle à pétrole qu'ils n'ont point jugé suffisamment au point, pour lui permettre d'affronter la course.'

Un moteur à pétrole à carburateur automatique et à inflammation électrique actionne l'essieu d'arrière. Le moteur est à un seu. cylindre, en acier avec ailettes pour permettre le refroidissement sans circulation d'eau. Sa force est de 1/2 *ch* environ; le poids du véhicule est de 38 *kg*. Les pédales ont été conservées pour la mise en train du moteur. La puissance de ce tricycle est faible sur les rampes, mais ses constructeurs pensent l'accroître sans grande augmentation de poids.

Bicyclette Hildebrand et Wolfmuller.

La bicyclette à pétrole de MM. Hildebrand et Wolfmuller se compose d'un cadre du type des bicyclettes de dames, auquel est appliqué un moteur.

A l'avant se trouvent le réservoir de pétrole, le réservoir d'eau, le carburateur; à la partie inférieure, à la place du pédalier de la bicyclette ordinaire, se trouvent les deux cylindres qui sont précédés des brûleurs et actionnent par bielles la roue d'arrière. A la main droite du cavalier, sur le guidon, se trouve la commande des organes, une pièce filetée qui règle à la fois l'arrivée de la gazoline dans le carburateur, l'entrée du mélange détonant dans les cylindres, et la circulation d'eau pour le refroidissement. Il n'y a pas de pédales, et la mise en train du moteur est consécutive de la mise en marche de la bicyclette.

Bicyclette Millet.

Tout autre est le principe de la bicyclette Millet, dans laquelle le mouvement est produit par cinq cylindres dont les axes coïncident avec les rayons de la roue arrière et qui sont entraînés dans son mouvement.

Chaque cylindre constitue un moteur à quatre temps et l'ensemble peut être embrayé ou désembrayé sur l'arbre qui traverse

le moyeu de la roue d'arrière. L'inflammation est électrique; sa commande et celle de la soupape d'admission sont placées sur le guidon. La mise en train du moteur s'obtient par les pédales.

A notre avis ces bicyclettes automobiles sont des véhicules plus curieux que pratiques et ne sauraient rendre de grands services: quand le moteur est la force musculaire de l'homme, il y a intérêt à réduire la résistance du véhicule en supprimant les roulements qui ne sont pas absolument nécessaires; on a été amené ainsi à constituer des véhicules à deux roues où les inconvénients qui résultent de la nécessité de tenir l'équilibre sont largement compensés par les avantages d'un moindre effort à fournir.

Quand, au contraire, on recourt à un moteur mécanique, on a avantage à donner au véhicule une base solide. Il en résulte une faible augmentation de la résistanoe, mais aussi la possibilité d'apporter une notable augmentation de puissance.

Nous estimons donc que la bicyclette et le tricycle automobiles n'ont guère leur raison d'être et que, même pour un véhicule à une seule place, il y a lieu de recourir au quadricycle.

II. — LA COURSE

Le trajet imposé de Paris à Bordeaux se fait par une succession de chemins de grande communication et de routes départementales et nationales jusqu'à Tours pour éviter le pavé de la route nationale entre Paris et Orléans.

De Tours à Chevanceaux on suit la route nationale n° 10 pour se diriger sur Libourne et Bordeaux.

Ainsi constitué, le parcours n'est point des plus faciles: de Paris à Étampes, la route présente une série presque ininterrompue de côtes très raides et de descentes très rapides : les côtes de Châteaufort, de Saint-Remy-lès-Chevreuse, de la Forêt-le-Roi, présentent des déclivités voisines de 10 *cm* par mètre. Elles sont donc extrêmement difficiles à monter et assez dangereuses à descendre.

D'Étampes à Orléans, le profil s'améliore et ne présente que de légères ondulations.

D'Orléans à Tours, c'est un palier presque continu.

De Tours à Ruffec le trajet reste relativement facile.

De Ruffec à Bordeaux les côtes sont dures et fréquentes et la fin du parcours est presque aussi accidentée que le début.

Le Comité avait pris soin de remettre à chaque concurrent un profil détaillé de la route, indiquant toutes les particularités. Les bifurcations étaient indiquées par des traînées de plâtre, les traversées des villes difficiles étaient assurées par un pilotage. Les contrôles soigneusement organisés par M. Pierron, vice-président du Touring-Club de France, et dirigés dans chaque ville par le délégué principal de cette société, étaient indiqués par des transparents.

Chaque concurrent avait reçu un règlement de route préparé par notre collègue M. Varennes et par M. de la Valette, destiné à lui rappeler les mesures de sécurité à observer sur la route et les lois et règlements relatifs à la circulation des voitures automobiles.

De leur côté les concurrents avaient pris leurs dispositions pour l'organisation des relais d'approvisionnement et de conducteurs.

MM. de Dion et Bouton, Panhard et Levassor ont estimé qu'il y avait grand avantage à ce que la voiture et son moteur changeassent de main le moins souvent possible. Ils ont divisé le parcours en trois étapes de 400 *km* environ :

Paris-Ruffec.
Ruffec-Bordeaux-Ruffec.
Ruffec-Paris.

Un premier conducteur faisait la première et la troisième étape, un autre faisait la seconde.

MM. Panhard et Levassor ont pensé qu'il était intéressant de confier une de leurs voitures à des amateurs et ont prié deux de leurs amis, propriétaires de voitures Panhard, de conduire la voiture 7. Malgré un incident en cours de route, cette voiture est arrivée dans un rang très honorable, montrant que, même pour de très longs parcours, sans arrêt, il n'est pas besoin d'un mécanicien.

Les approvisionnements de pétrole de MM. Panhard et Levassor étaient installés à Orléans, Châtellerault, Ruffec et Bordeaux.

La maison Peugeot avait remis à chacun de ses conducteurs un *vade-mecum* très complet, leur donnant les contrôles et les points d'approvisionnement en huile et en essence, les lieux de couchage prévus, un itinéraire aux différentes vitesses de 12, 15, 20 et 25 *km*, un tableau des heures des trains, enfin, un ordre de marche dont voici les dispositions :

Le parcours est divisé en six étapes de 300 *km* environ :

Paris — Blois;
Blois — Couhé-Vérac;
Couhé-Vérac — Bordeaux;
Bordeaux — Couhé-Vérac;
Couhé-Vérac — Blois;
Blois — Paris.

La voiture à deux places est montée successivement par quatre conducteurs, chaque conducteur fait deux étapes, et les relais sont croisés en sorte que le parcours d'une étape est assuré par un conducteur reposé et un conducteur qui a fait l'étape précédente et qui sait par conséquent l'état dans lequel se trouve la voiture.

Pour la voiture à quatre places, le système est le même, il suffit de remplacer un conducteur par équipe de deux conducteurs.

M. Serpollet avait prévu pour ses conducteurs des étapes de 150 *km* environ; pour ses mécaniciens, des étapes de 200 *km*. Chaque conducteur faisait une étape et se reposait en chemin de fer la suivante, chaque mécanicien faisait une étape et se reposait pendant les deux suivantes.

Quant à l'omnibus de M. Bollée, du Mans, il était occupé par M. Bollée père, MM. Bollée fils, le contremaître de leur usine, un mécanicien de rouleau-compresseur, un chauffeur et un manœuvre. Ces sept personnes devaient prendre place dans la voiture au départ et ne la quitter qu'à l'arrivée; il en fut fait ainsi, et nous verrons que la présence de ces habiles mécaniciens ne fut pas inutile en cours de route.

M. Jeantaud avait organisé le service de sa voiture électrique au moyen de trois équipes : la première allant de Paris à Châtellerault, la deuxième de Châtellerault à Bordeaux, la troisième de Bordeaux à Châtellerault d'où la première ramènerait la voiture à Paris.

Chaque équipe était composée de quatre personnes : un conducteur, un mécanicien, un électricien et un carrossier.

Un graphique donne la marche des véhicules.

A la partie inférieure les heures sont totalisées et l'on voit que la voiture 5 a fait les 1 183 *km* de Versailles à Paris par Bordeaux en 48 h. 48 m., ce qui représente une vitesse commerciale de 24,2 *km*. La voiture 24, dernière arrivée à Paris, a mis 90 h. 3 m. 5 s., ce qui représente une vitesse commerciale de 13,1 *km*.

L'épreuve de 1894 n'était pas une course, néanmoins chaque concurrent avait tenu à montrer la vitesse que pouvait réaliser ses véhicules et l'on peut faire une comparaison intéressante : la vitesse commerciale maxima en 1894 a été de 19 *km*.

Il y a donc de ce côté un progrès sensible, et comme il s'agit de vitesses commerciales, on peut, sans connaître le détail de la marche, affirmer que les moteurs des premiers véhicules arrivés demandaient peu de soins sur la route.

Dès le départ, la voiture à vapeur de MM. de Dion et Bouton qui portait le n° 3 et à laquelle le sort avait donné le deuxième rang prenait la tête, montrant une supériorité marquée sur les autres voitures et franchissait la distance de 55 *km* qui sépare Versailles d'Étampes en 2 h. 16 m., ce qui représente sur profil accidenté la vitesse moyenne de 24,2 *km*.

A Étampes, nous avons assisté au nettoyage de la grille qui ne paraissait d'ailleurs pas absolument nécessaire; cette opération, le renouvellement d'approvisionnement d'eau et de combustible, le graissage du mécanisme demandèrent exactement 10 minutes.

Cette voiture arrivait à Orléans à 4 h. 39 m., à Blois vers 6 h. 20 m., ce qui représente entre Versailles et Blois une vitesse commerciale de près de 28 *km*.

Malheureusement, la voiture n° 3 ne put continuer. Elle restait à Vouvray, immobilisée par une avarie grave, la rupture d'une rotule de son arbre de transmission.

La voiture n° 5 de MM. Panhard et Levassor a suivi, entre Paris, Bordeaux et Paris, une marche particulièrement régulière; les vitesses moyennes entre contrôles sont les suivantes :

		Vitesses commerciales.
Versailles-Orléans	25 *km*	
Orléans-Tours	30	
Tours-Poitiers	25,5	25,9 *km*
Poitiers-Angoulême	23	
Angoulême-Bordeaux	26,5	
Bordeaux-Angoulême	25,5	
Angoulême-Poitiers	20	
Poitiers-Tours	24	22,8 *km*
Tours-Orléans	26	
Orléans-Paris	22	

La voiture 5 a renouvelé son approvisionnement d'eau à l'aller et au retour à Orléans, Tours, Châtellerault, Ruffec, Montguyon, Bordeaux, c'est-à-dire en moyenne, tous les 100 *km*. Au retour, elle a fait, sans prendre d'eau, le parcours d'Orléans à Paris (135 *km*). Un seul arrêt important de 22 minutes, au milieu du parcours.

Conduite sur tout le parcours par M. Levassor, qui, arrivé à Ruffec avec une avance de trois heures sur le concurrent le plus proche, n'avait point voulu confier le moteur à d'autres mains, la voiture 5 est arrivée à Paris près de six heures avant la seconde, accomplissant le parcours de 1 183 *km* en 48 h. 48 m., ce qui représente une vitesse commerciale de 24,2 *km*.

On a pu constater à l'exposition où la voiture fut conduite à son arrivée, le parfait état de ce véhicule et dans cette course où l'on voulait montrer la résistance des véhicules automobiles, on ne sait trop ce dont on doit le plus s'étonner, de l'endurance de la voiture n° 5 ou de celle de notre Collègue qui l'a si brillamment conduite au succès.

Les voitures 15 à deux places et 8 à quatre places de MM. Peugeot, 6 à deux places, de MM. Panhard et Levassor, se sont suivies à peu de distance, entre Versailles et Ruffec. Leur vitesse moyenne de marche étant supérieure à 20 *km*.

Entre Angoulême et Ruffec, la voiture 6 passait sur un chien et avait une roue avariée, ce qui la mettait hors de course.

Sur le profil difficile de Ruffec à Bordeaux, la voiture 15 plus légère, prenait une avance sur la voiture 8 et arrivait à Paris cinq heures avant celle-ci.

Les voitures 28 de MM. Panhard et Levassor, et 16 de M. Peugeot, se suivaient également entre Versailles et Angoulême.

A partir de ce point, la voiture 16 prenait l'avance et rejoignait la voiture 8 du même constructeur, M. Peugeot, à Poitiers, et arrivait à Paris sept minutes et demie derrière celle-ci. Étant partie de Versailles neuf minutes plus tard, elle gagnait de une minute et demie le premier prix réservé aux véhicules à quatre places.

La voiture 28, ralentie par un accident de carrosserie (une roue déboîtée), arrivait à Paris quelques heures plus tard.

Le graphique montre les marches plus lentes mais sensiblement régulières des voitures 12 et 13 Roger, 7 Panhard et 20 Serpollet. Cette dernière qui relevait sa vitesse de marche depuis Bordeaux, restait avariée à Tours par suite de la rupture de l'arbre du moteur, plus heureuse que sa sœur, la voiture 21, arrêtée dès

le départ de Versailles par suite d'une fausse manœuvre de son conducteur.

Plus remarquable est la marche du n° 24, l'omnibus à vapeur de M. Amédée Bollée, qui a accompli le parcours total dans les limites de temps imposé, malgré des avaries graves et un temps précieux perdu en réparations.

Le graphique de sa marche indique bien une perte de temps considérable entre Orléans et Tours.

Rien n'est plus intéressant que la lecture du journal de voyage rédigé par MM. Bollée, où sont relatés les multiples incidents de route, et où se révèle l'ingénieuse ardeur qui a présidé aux réparations nécessaires.

Les conducteurs de la voiture 24 ont observé strictement le règlement de la course et ne se sont servis que de leur outillage, mais il faut reconnaître que, suivant le mot pittoresque de M. Bollée fils, « ce qu'il y avait de meilleur dans l'outillage, c'était quatre gaillards peu ordinaires ».

Le Comité a sagement agi en créant un prix spécial de 1 500 *f* pour le n° 24, qui a si vaillamment défendu la cause des moteurs à vapeur.

Pour être complet, il faut citer la voiture Michelin n° 46, montée sur pneumatiques, qui n'a pas fait le parcours dans les limites imposées; la voiture 26, de M. Rossel qui a renoncé de suite à la course; enfin les véhicules qui ont dû s'arrêter en chemin parce qu'ils n'avaient pas l'outillage nécessaire pour réparer leurs avaries.

Parmi ces véhicules, étaient les deux bicyclettes Millet et Wolfmüller, arrêtées, la première avant Orléans, la seconde avant Bordeaux.

La voiture électrique de M. Jeantaud était arrêtée avant Orléans pour chauffage d'une fusée de l'essieu d'arrière.

III. — CONCLUSIONS

Le fait le plus saillant de la course est celui-ci : sur 22 voitures qui ont reçu le signal du départ à Versailles, il y en avait 6 à vapeur et 15 à pétrole. Sur 9 voitures arrivées à Paris dans la limite de 100 heures, il y en avait 1 à vapeur et 8 à pétrole.

On en conclut généralement que pour la locomotion mécanique sur route, le moteur à pétrole est supérieur au moteur à vapeur.

Pour être exact, il faudrait compléter la phrase par ces mots : *dans les conditions particulières imposées par le règlement du concours.* Tout en reconnaissant, en effet, que plusieurs voitures à vapeur sont restées inférieures à elles-mêmes, la voiture 1, par exemple qui avait si brillamment effectué l'an dernier le parcours de Paris-Rouen, nous croyons que c'est dans les conditions particulières du concours qu'il faut chercher la défaite de la vapeur.

Nous disions, l'an dernier, que le choix entre l'une ou l'autre des deux forces motrices auxquelles la plupart des concurrents avaient fait appel — pétrole et vapeur — devait être dicté surtout par les conditions particulières auxquelles on avait à satisfaire : les résultats de la course de 1895 sont venus affirmer ce dire.

Les voitures à pétrole extrêmement légères, peuvent rouler en vitesse sans que leur mécanisme souffre des cahots de la route; leur moteur peut marcher pendant de longues périodes de temps sans nécessiter de soins particuliers.

Plus puissantes, mais aussi plus pesantes, les voitures à vapeur réclament plus de soins sur la route, peuvent difficilement faire de la vitesse sans s'exposer à de grandes avaries.

Depuis le concours de 1894, plusieurs constructeurs ont cherché à faire des moteurs remorquant à vitesse réduite, un poids assez élevé : j'ai cité le tracteur Le Blant, l'omnibus routier de Scotte. C'est la solution d'une partie du problème de la locomotion sur route que la course de 1895 a laissé totalement de côté et cette solution ne semble pas pouvoir se trouver en ce moment en dehors du moteur à vapeur.

Si maintenant nous examinons les huit voitures à pétrole arrivées à Paris :

2 sont munies du moteur Bentz;
4 — — Daimler;
2 — — Daimler, perfectionné par MM. Panhard et Levassor.

C'est donc aux inventeurs et constructeurs de ces derniers moteurs que revient en grande partie l'honneur de la course.

En résumé, la course et l'Exposition de 1895 nous ont donné des voitures à pétrole munies d'un moteur plus léger et de transmissions plus avantageuses au point de vue de la diminution de la résistance; une voiture à pétrole d'un nombre de places élevé, la voiture 28.

Elle nous fait espérer beaucoup pour l'avenir, avec les moteurs à vapeur plus puissants, avec la voiture à pétrole à moteur équilibré de M. Delahaye, avec le tricycle à pétrole de MM. de Dion et Bouton, avec la voiture électrique de M. Jeantaud.

Nous avons vu aussi une carrosserie plus élégante qui, nous l'espérons, détruira cette idée généralement répandue, qu'une voiture automobile est toujours laide, idée qui tient peut-être du misonéisme, l'œil étant habitué à voir un cheval devant une voiture et s'étonnant du vide que cause son absence.

Enfin la course nous a montré ce dont étaient capables nos constructeurs, en nous présentant des véhicules qui ont fait 1200 *km* sur route sans demander de réparations. Ce résultat est tout à l'honneur de l'industrie française et nous ne saurions trop le faire remarquer.

Dans sa dernière séance, le Comité a décidé de ne pas se dissoudre et de rester constitué pour l'organisation d'une course l'année prochaine.

Nous nous en félicitons, et pour deux raisons : l'Exposition de 1895 a fait naître des espérances que nous verrons probablement se réaliser l'année prochaine dans un concours organisé d'une façon plus rationnelle, c'est-à-dire moins sportive.

Et puis nous espérons que si la locomotion par moteur à pétrole s'y montre débarrassée des derniers inconvénients qu'on peut y trouver, la locomotion par moteur à vapeur viendra lui disputer chèrement la première place.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS DE PROVINCE ET DE L'ETRANGER

NOTE

SUR

L'ÉVACUATION DES EAUX ET IMMONDICES

DANS LES

NOUVEAUX QUARTIERS DE LA VILLE D'AMSTERDAM

PAR

M. J. de KONING

La municipalité d'Amsterdam a établi dans les nouveaux quartiers de la ville, au fur et à mesure des besoins, un réseau de canalisation; ce réseau est en communication avec les lieux d'aisance des maisons et il est vidé journellement par voie pneumatique. Le réseau et l'installation centrale servant à produire l'aspiration nécessaire sont construits d'après les projets de feu le capitaine Liernur. Dans les parties des nouveaux quartiers où le réseau pneumatique n'existe pas encore, on a établi dans la rue, sous le pavé, des fosses métalliques, que l'on vide trois fois par semaine : ce sont les installations provisoires.

Après des essais infructueux pour transformer les matières fécales en poudrette servant d'engrais, on a résolu de les traiter par l'acide sulfurique et d'en faire du sulfate d'ammoniaque. A cette fin, la ville a passé un contrat avec un industriel sur le pied de partage à parts égales des bénéfices.

En résumé, les résultats de l'exploitation en 1894 sont les suivants :

Le réseau pneumatique servait aux besoins de 3 778 maisons avec 62 572 habitants. La masse totale des matières fécales était de

73 100 m^3, le maximum mensuel 6 482 m^3, le minimum 5 216 m^3. Ce maximum donne 3,38 *l* par tête et par jour. La quantité de charbon employé était de 1 237 828 *kg*.

Le recueillement des matières fécales (sans le traitement avec l'acide sulfurique et sans les intérêts et l'amortissement des installations) a coûté 40 732 florins (1 florin = 2,10 *f*), soit fl. 0,65 par tête.

Les installations provisoires servaient aux besoins de 67 888 personnes. La quantité recueillie par ces installations a été de 65 962 m^3. Ce service a coûté 69 355 florins, soit fl. 1,02 par tête.

La quantité traitée à l'acide sulfurique était de 86 738 m^3; on a employé 523 941 *kg* d'acide sulfurique et 842 360 *kg* de chaux pour en tirer 601 200 *kg* de sulfate d'ammoniaque.

Ce service a donné un bénéfice de 40 046 florins, dont la ville a touché la moitié. L'entreprise ne paie ni intérêts ni amortissement des installations, qui ont été établies aux frais de la ville.

CHRONIQUE

N° 189

Sommaire. — Moteurs à gaz pour tramways. — Résultats d'essais d'une machine à vapeur. — La catastrophe de l'Altels. — L'acétylène. — Un fil téléphonique.

Moteurs à gaz pour tramways. — Nous avons eu à plusieurs reprises l'occasion de signaler les applications faites des moteurs à gaz pour la traction des voitures sur les tramways. Nous trouvons dans un rapport de M. E.-A. Ziffer, à la huitième assemblée générale de l'Union internationale permanente de tramways, un exposé très bien fait de la question de la traction mécanique sur tramways d'où nous extrayons ce qui suit relativement aux moteurs à gaz.

Moteurs à gaz. — Ces moteurs sont actionnés par des explosions successives d'un mélange de gaz d'éclairage, de benzine ou de pétrole, c'est-à-dire de vapeurs combustibles avec de l'air.

Il existe un nombre assez considérable de moteurs de cette espèce pour l'exploitation des tramways, cependant tous les systèmes se trouvent encore plus ou moins dans la période d'expérimentation, parce que les difficultés que présente une disposition rationnelle des organes de mise en marche et de changement de marche, l'atténuation des chocs et l'approvisionnement de la grande quantité d'eau nécessaire au refroidissement des cylindres ne peuvent pas encore être considérées comme étant complètement surmontées.

Un des systèmes les plus parfaits est le :

Moteur à gaz Connelly. — Ce moteur est employé à titre d'essai aux tramways de Chicago et destiné à l'exploitation de toutes les lignes extérieures aboutissant au réseau des tramways funiculaires.

Extérieurement, ce moteur ressemble à une voiture de tramways de 3,36 *m* de longueur dont toute la caisse est occupée par la machine qui ne sert pas, par conséquent, au transport des voyageurs et qui remorque une ou plusieurs voitures.

La disposition intérieure comprend un réservoir cylindrique en fer entouré d'un cylindre extérieur situé sous le toit de la voiture directement au-dessus de la machine. Sur le moteur se trouve encore une petite machine dynamo qui fournit le courant nécessaire à l'allumage de la vapeur de pétrole ou du gaz ainsi qu'à l'éclairage du moteur et des voitures remorquées. Le gaz, ou plutôt la vaporisation du pétrole, se produit sous l'action de la chaleur absorbée par l'eau qui a servi au refroidissement des cylindres. Cette eau mise en mouvement par une pompe rotative, refroidit d'abord les cylindres et s'échauffe jusqu'à environ 100° C., puis pénètre dans l'espace annulaire compris entre le réservoir à pétrole et l'enveloppe cylindrique extérieure. L'échauffement

du pétrole produit de cette façon suffit à la production de la vapeur nécessaire à la marche de la machine, vapeur qui est allumée électriquement.

Le poids d'un remorqueur de 12 à 14 *ch* est de 4,900 *kg*. Pour de fortes rampes, on construit des moteurs plus puissants, jusqu'à 20 *ch*. D'après les essais faits sur la ligne de Bermondsay, de la London, Greenwich and Deptford Tramway Cy, les frais de traction, pour un service de quatorze heures, s'élèvent à 0,156 *f* par voiture-kilomètre.

Moteur Daimler. — La caractéristique de ce moteur à grande vitesse est dans la simplicité de sa construction, l'espace restreint qu'il occupe et son poids relativement peu considérable. Le système comprend notamment un cylindre moteur vertical, un appareil particulier pour l'évaporation du pétrole, contenant de l'essence (benzine) d'un poids spécifique de 0,68 à 0,70 à la température de l'air extérieur et dans lequel le moteur puise automatiquement sa charge de vapeur de pétrole en aspirant en même temps de l'air atmosphérique, et enfin un bec brûleur qui provoque la combustion du mélange explosible, grâce à l'échauffement des pointes incandescentes en communication avec la chambre de combustion. La partie supérieure des cylindres, où se produit l'explosion, est refroidie au moyen d'un filet d'eau. La mise en marche se fait en deux ou trois minutes, en allumant la lampe et en tournant la manivelle. L'appareil de vaporisation peut recevoir une quantité de benzine suffisante pour quelques heures.

Jusqu'aujourd'hui, on a construit de petites voitures ouvertes à douze places assises dos à dos et deux plates-formes à quatre places debout chacune, armées d'un moteur de 2 *ch* pesant 620 *kg*, placé dans une petite caisse située à l'extrémité postérieure de la voiture et pouvant donner à celle-ci une vitesse allant jusqu'à 18 *km* à l'heure. Il a été construit, en outre, un moteur indépendant de 4 *ch* remorquant deux voitures de tramway à cinq banquettes transversales à trois places et munies de deux plates-formes à huit places debout.

Un troisième type consiste en une voiture au milieu de laquelle est situé le moteur qui actionne les deux essieux par l'intermédiaire de roues dentées et de chaines, et qui est disposé de telle façon qu'en modifiant les conditions de transmission on puisse faire varier la vitesse de marche du véhicule.

Avec un moteur de 2 *ch*, on peut transporter sur une ligne de 1 *km* de longueur, quatre cent quatre-vingts personnes par heure en vingt voyages et un moteur de 4 *ch* permet théoriquement de transporter dans le même temps huit cents personnes en seize voyages.

Sur une ligne de démonstration à petit écartement (0,60 *m*) de 1 100 *m* de longueur établie à Vienne en 1890, on a fait en moyenne 176 voyages et transporté mille voyageurs par jour avec deux et plus tard avec trois voitures automotrices.

Des installations de ce système, tant pour un service temporaire que pour une exploitation définitive, ont été faites à Vienne en 1890 et en 1892, à Palerme en 1891, à Brême et à Gianeken et ont fonctionné d'une façon satisfaisante.

Les avantages de ce système sont les suivants : simplicité du service et de la conduite de la machine, réduction du poids mort au minimum possible, absence de fumée, de suie, et de bruit, pas de danger d'explosion, enfin exploitation économique, attendu que le transport de la tonne kilométrique brute ne revient qu'à 0,01 *f* environ.

Un fait digne de remarque est que l'Administration du chemin de fer Wurtembergeois a organisé, à la fin de décembre 1893, un service régulier de voyageurs au moyen d'une voiture automotrice à benzine de ce système, d'une force de 5 *ch*, sur ses lignes de Saulgan-Sigmaringen et de Hebertingen-Reutlingen, pour augmenter le trafic des voyageurs et diminuer les intervalles entre les trains ordinaires circulant sur ses lignes.

Cette voiture automotrice, construite par la « Daimler-Motorengesellschaft » à Cannstadt, contient dix places assises et six places debout et effectue journellement un parcours de 90 *km*. La vitesse de marche est de 15 *km* à l'heure et le personnel de la voiture automotrice ne se compose que du conducteur.

Système Lührig. — En mars 1894, il a été fait de nouveaux essais avec un moteur de ce système qui ne diffère pas intérieurement d'une voiture ordinaire de tramway et qui ne s'en distingue à l'extérieur que par deux portes à rabattement placées au milieu d'un des longs côtés de la voiture et qui, par leur forme, laissent deviner l'emplacement du volant du moteur à gaz qu'elles dissimulent.

Ce moteur, perfectionné par l'Ingénieur Oscar Schwab, a été essayé sur la ligne Dresde-Wildermann longue de 3 100 *m*. La vitesse de marche a atteint environ 14 *km* à l'heure; elle était beaucoup moindre dans les courbes de 15 *m* de rayon et sur les fortes rampes de 45 0/00 qui se rencontrent près du terminus nord de la ligne. La voiture, à écartement normal, est à impériale, a 1,55 *m* d'empattement et présente quatorze places assises à l'intérieur, dix places debout sur les plates-formes et douze places d'impériale, soit 36 places en tout.

Le moteur à gaz du système Otto a la force de 10 *ch*; il est à deux cylindres horizontaux placés, de chaque côté de l'arbre moteur, sous une des banquettes, parallèlement à la paroi latérale de la voiture. L'allumage se fait électriquement sans bruit appréciable. Le gaz nécessaire au fonctionnement du moteur est emmagasiné dans trois réservoirs cylindriques dont deux sont adaptés sous le plancher de la voiture parallèlement aux essieux et le troisième est placé sous la banquette parallèlement à la paroi latérale et fait ainsi contrepoids au moteur qui se trouve sous la banquette située en face. Ces trois réservoirs ont une capacité totale de 0,950 m^3 et pèsent 250 *kg*. L'eau destinée au refroidissement des cylindres circule automatiquement dans des serpentins en acier qui vont du plancher au plafond de la voiture.

Les dépenses de gaz ne sont que de 0,05 *f* par voiture-kilomètre, le prix du gaz étant de 0,15 *f* le mètre cube et la consommation de 1/3 de mètre cube par voiture-kilomètre.

Le gaz destiné à l'alimentation du moteur est comprimé à 6 *atm* et le contenu des trois réservoirs suffit pour un parcours de 17 *km*. On recharge

les réservoirs à une des extrémités de la ligne au moyen d'un compresseur actionné par une machine à gaz de 8 *ch* qui refoule par heure environ 60 m^3 de gaz d'éclairage à 8 ou 10 *atm* dans un réservoir principal d'où il passe aux réservoirs des voitures par un tuyau de caoutchouc que l'on accouple à des robinets de chargement adaptés aux deux extrémités des voitures. Ce chargement ne doit prendre qu'une demi-minute.

L'eau destinée au refroidissement doit aussi être renouvelée de temps en temps; cette opération se fait également à la station d'alimentation du gaz au moyen d'une prise d'eau ordinaire.

Une voiture de ce genre dont les dessins ont été publiés dans le *Zeitschrift für Kleinbahnen*, 1894, 5me livraison mai, où l'on trouve également des renseignements détaillés sur les résultats des essais, coûte de 12 500 à 15 000 *f*.

Cette voiture construite et essayée par la « Motor-wagen-Gesellschaft système Lühring » à Dresde a été depuis envoyée à Londres et mise en service sur la ligne de tramways de West Croydon. Une machine semblable a été également mise en service à Dessau, où la concession d'une ligne de tramways de 4 *km* a été donnée, pour remorquer les wagons sur des lignes de raccordement.

Système Grob. — La « Special Fabrik von Patent Petroleum Motoren J.-M. Grob et Cie » à Leipzig-Entritsch, fournit des locomotives à pétrole pour chemins de fer industriels et pour tramways, dans lesquelles on utilise le pétrole ordinaire d'éclairage (et non la benzine). Cette Société construit des moteurs de ce genre jusqu'à 10 *ch*, coûtant, suivant leur force, de 6 250 à 8 750 *f*. Le poids de ces moteurs, en ordre de marche, varie de 1 600 à 3 300 *kg* et l'approvisionnement de pétrole suffit à un travail de dix heures.

La locomotive à quatre roues couplées a un empattement de 0,90 *m*; elle porte deux réservoirs, dont un pour l'eau et l'autre pour le pétrole (capacité 40 *l* pour une machine de 10 *ch*). Un seul homme suffit pour conduire la machine. Les avantages que l'on fait valoir sont les suivants : pas de fumée ni de suie, la machine est toujours prête à être mise en service, économie et sécurité de l'exploitation, consommation d'eau restreinte, service facile, pas de chocs au démarrage.

Système Pintsch. — Dès avant 1880, M. Julius Pintsch avait fait des essais en vue de l'application du gaz lourd à la traction des tramways, et il a repris récemment ses expériences en construisant une voiture automotrice pour le tramway de Neuchâtel à Saint-Blaise (Suisse); ce dernier essai paraît avoir réussi, bien que les résultats obtenus ne répondent pas encore à toutes les exigences de trafic et de confort (1).

Cette voiture automotrice à deux cylindres de 8 *ch* a été en exploitation pendant un certain temps et marchait à une vitesse de 10 *km* à l'heure. Le gaz, comprimé à 11 1/2 *atm*, était emmagasiné dans des

(1) Cet essai paraît au contraire avoir complètement échoué et on a dû recourir à la traction par chevaux en attendant que l'utilisation des forces motrices de l'Areuse permette d'avoir à Neuchâtel l'électricité à un prix assez bas pour employer la traction électrique sur le tramway de Saint-Blaise. A. M.

caisses placées sous la voiture. Il paraît qu'un certain nombre de ces voitures ont été commandées.

Système Hasse et C^ie^. — Dans le moteur à gaz de Hasse et C^ie^, de Berlin, pour arriver à la plus grande douceur de marche possible, un intermédiaire élastique entre le piston et l'essieu moteur a été intercalé; cet intermédiaire (ressorts, coussin d'air) a pour but de régulariser l'effort transmis à l'essieu moteur et produit par l'explosion du gaz. En outre, cet intermédiaire doit servir, comme certains systèmes connus de freins récupérateurs, à faciliter le démarrage.

Systèmes Holt et Crossley. — Les systèmes de Holt, à Leeds et de Crossley, à Manchester, sont basés sur un principe analogue à celui du système Montelar (voir plus loin). Pour la mise en marche, on emploie comme force auxiliaire le résidu de la combustion qui se produit dans le moteur à gaz, résidu que l'on introduit et que l'on comprime dans un réservoir. Le piston est actionné par les gaz produits par la combustion jusqu'au moment où le volant a acquis une force vive suffisante pour entrer en fonctionnement.

Système Haedicke. — Le moteur construit par Haedicke (voir Uhland, Practischer Maschinen-Constructor, vol. XIX, 1886) utilise directement l'explosion du gaz pour la mise en marche; à cet effet, le piston de la machine, poussé en avant par l'explosion, sert en même temps de piston pour une pompe qui comprime de l'air agissant dans un cylindre spécial pour force motrice. *(A suivre).*

Résultats d'essais d'une machine à vapeur. — L'essai dont nous nous occupons présente un intérêt spécial en ce qu'il a été fait sur un moteur compound de grande puissance, 1 600 *ch*, et que ce moteur était entièrement dépourvu d'enveloppes de vapeur. Il a fait l'objet d'un mémoire de MM. Douton, Jacobus et Rice à la réunion de Montréal de l'*American Society of Mechanical Engineers*.

La machine en question, du système compound à deux cylindres et manivelles à angle droit, actionne la filature de coton de 50 000 broches de la Bristol Manufacturing C^o^, à New-Bedford (Massachusets). Les cylindres ont 0,763 *m* et 1,420 *m* de diamètre et 1,829 *m* de course; ils ont des distributeurs du type Harris-Corliss, avec excentriques distincts pour l'admission et l'échappement, et n'ont d'enveloppe de vapeur ni à la partie cylindrique ni aux fonds. La proportion des espaces nuisibles est de 2,6 0/0 pour le cylindre H. P. et de 3,6 pour le cylindre B. P.

Le *receiver* est formé d'un cylindre de 0,737 *m* de diamètre et 4 *m* environ de longueur, portant une enveloppe annulaire dans laquelle on peut envoyer de la vapeur de la chaudière, mais on ne s'est pas servi de cette enveloppe dans les expériences.

L'eau d'alimentation était mesurée par un compteur soigneusement vérifié placé entre les pompes alimentaires et les chaudières. Toute la vapeur provenant des générateurs, passait dans la machine, sauf le débit des soupapes de sûreté, les purges des tubes de niveau, la portion alimentant le calorimètre Barrus et un robinet purgeur; ces diverses quan-

tités ont été déterminées par expérience et par calcul ; le total, relativement assez peu élevé, a été de 146 *kg* par heure.

L'eau d'alimentation provenant des conduites de la ville à la température de 4 1/2 degrés centigrades passait dans un faisceau tubulaire de 37 m^2 de surface, chauffé extérieurement par la vapeur d'échappement avant son passage au condenseur, qui la portait à la température de 55 degrés centigrades.

Les indicateurs employés ont été vérifiés au moyen d'une colonne de mercure.

Le mémoire est accompagné de nombreux tableaux donnant tous les détails des expériences.

Nous avons cru devoir nous borner à en extraire les chiffres les plus intéressants, qu'on trouvera groupés dans le tableau ci-dessous :

Durée de l'essai			4 1/2 heures.
Puissance mesurée à l'indicateur sur les pistons			1 592,2 *ch.*
Pression moyenne à l'entrée de la machine			8,71 *kg.*
Surchauffe moyenne à l'entrée de la machine			8 degrés cent.
Vide moyen en centimètres de mercure			65
Dépense par cheval et par heure en eau d'alimentation			6,11 *kg.*
Vapeur par cheval et par heure, en kilogrammes, indiquée sur les diagrammes aux diverses phases ci-contre.	Cylindre H. P.	à la fin de l'admission	5,35
		à la fin de la détente	5,44
	Cylindre B. P.	à la fin de l'admission	4.96
		à la fin de la détente	5,43
Pourcentage de vapeur non apparent sur les diagrammes à la fin de l'admission au cylindre H. P.			12,5 0/0
Pourcentage de vapeur non apparent sur les diagrammes à la fin de la détente au cylindre B. P.			8,9
Nombre de tours par minute			65,2
Volumes d'expansion			13,4
Rapport de la pression moyenne effective à celle qui résulterait de la loi de Mariotte avec 0,142 *kg* de contre-pression			0,79

La dépense de vapeur de 6,11 *kg* par cheval indiqué et par heure qui correspondrait à environ 6,8 *kg* par cheval sur l'arbre est assurément très réduite et confirme bien la moindre importance relative des enveloppes de vapeur pour les machines à expansion multiple.

Les chaudières, du système Bigelow-Manning, produisent 10 *kg* de vapeur en nombre rond par kilogramme de charbon bitumineux de Pocahontas avec une proportion d'humidité absolument négligeable, de sorte que le cheval indiqué est obtenu dans ce moteur avec très peu plus de 600 *g* de charbon, résultat assurément fort remarquable, même pour un moteur de cette importance.

La catastrophe de l'Altels. — Il s'est produit tout récemment en Suisse une catastrophe qui a causé une grande émotion tant par son importance que par les conditions dans lesquelles elle a eu lieu. Nous croyons devoir reproduire à ce sujet un intéressant article de M. le professeur Forel, inséré dans la *Gazette de Lausanne*.

Ils sont de mauvais voisins ces superbes glaciers qui donnent à nos Alpes tant d'attrait et d'intérêt ; chaque année, il nous arrive de quelque vallée la nouvelle d'une catastrophe plus ou moins terrible. Il y a trois

ans, c'était le glacier de Tête-Rousse qui emportait les bains de Saint-Gervais; il y a deux ans, c'était la Weingarten dont le torrent ravageait Taesch, dans le val Saint-Nicolas; l'année dernière, la Dranse, gonflée par les eaux du glacier de Crête-Sèche, menaçait Martigny. Cette année, c'est le glacier de l'Altels qui anéantit un des plus beaux pâturages des Alpes bernoises.

Si l'on consulte la feuille Gemmi de l'atlas Siegfried, on trouvera l'Altels entre les vallées de la Dala et de la Kander; sur son flanc nord-ouest, un large glacier suspendu (Huengegletscher) descend jusqu'à la cote 3 100 et se prolonge à gauche en un petit glacier d'écoulement qui descend jusqu'à 2 700 *m*. C'est le large glacier, le glacier supérieur, appliqué comme un manteau sur une paroi très inclinée et parfaitement lisse de calcaire, dont la partie inférieure s'est détachée en masse à l'altitude de 3300 *m* environ et est tombée dans la vallée.

A distance, de Frutigen par exemple, ou mieux du vallon de la Spitalmatte, on voit actuellement le glacier coupé par une paroi verticale de 30 à 50 *m* de hauteur, en forme d'arc de cercle, qui est la ligne de rupture.

Le 11 septembre, à 5 heures 10 minutes du matin, la partie inférieure s'est détachée subitement sans cause connue, a glissé en forme d'avalanche sur la paroi très inclinée d'une hauteur verticale de 1 500 *m*; elle a rebondi snr le fond de la vallée et est remontée sur la paroi opposée en couvrant de ses débris tout le vallon de la Spitalmatte. L'étalement de l'avalanche a été en rayonnant à droite et à gauche; devant elle, elle est remontée contre le talus opposé du vallon, puis contre la paroi presque verticale de rochers qui va de la Weissefluh au Gellihorn et qu'on appelle l'Ueschinerwand.

Elle s'est élevée, en ce point, jusqu'à 5 ou 600 *m* au-dessus du fond de la vallée. On voit, appliqué contre cette muraille, un mortier grisâtre semé de blocs étincelants de blancheur qui, sous les rayons du soleil, s'éboule en faisant un roulement continu de petites avalanches. On prétend même que des blocs de glace ont été projetés par-dessus la paroi et sont venus tomber dans la vallée d'Ueschinen.

La grande masse de l'éboulement est remontée sur les talus en pente douce qui sont au pied de l'Ueschinerwand, de sorte qu'au lieu d'un cône de débris au pied de la paroi de l'éboulement du côté de l'Altels, il y a en ce point une dépression, un creux dans le chaos des produits de l'avalanche. Et c'est fort heureux, car il n'y a pas à redouter, par l'accumulation des eaux du Schwarzbach, la formation d'un lac temporaire un peu important dont la débâcle menacerait la vallée inférieure de la Kander.

Les débris de l'éboulement forment un béton, un poudingue de fragments de glace, de glace pilée, salie par la poussière et quelques petites pierres; le tout est recouvert de tellement de terre, de débris végétaux et minéraux qu'il apparaît tout sale, comme un glacier chargé d'abondantes moraines. Des blocs arrondis de glace qui ont roulé sur l'éboulement après sa fixation, font contraste par leur blancheur éclatante.

La masse du béton d'éboulement s'est affaissée postérieurement et est toute crevassée, pas assez pourtant pour qu'il y ait difficulté à la par-

courir. Seule une partie à droite de l'éboulement, juchée sur une pente trop inclinée, a subi un mouvement de retour et a formé un éboulement de glissement qui l'a rendue semblable à un glacier tout crevassé et absolument impraticable.

Une partie du sol tourbeux du vallon a été arrachée par la masse de l'avalanche et transportée sur les hauteurs, où l'on s'étonne de rencontrer des plantes de marais et de véritables couches de tourbe.

Tout autour de la zone recouverte par l'éboulement proprement dit, est une bande assez large, surtout du côté gauche, en amont de la vallée, qui a été ravagée par le *vent* de l'avalanche: blocs isolés de glace, pierres, débris de bois, poussière terreuse, ont été projetés avec une impétuosité prodigieuse par l'épouvantable courant d'air déplacé par la masse en mouvement. Les débris des chalets de la Spitalmatte avec les six hommes qui les habitaient ont été transportés sur la colline voisine; les vaches du pâturage, qui n'ont pas été écrasées par l'avalanche elle-même, ont été atteintes dans leur fuite et les cadavres d'une vingtaine de ces pauvres bêtes gisent encore çà et là. La moitié d'une superbe forêt de pins arolles, la gloire de la vallée, est détruite; les troncs arrachés ou déchirés, dépouillés de leurs branches et de leurs racines, sont couchés sur le sol de cette terrible bataille des éléments.

C'est un triste champ de désolation, mais bien intéressant et instructif, que ce vallon de 2 *km* de long sur 1 1/2 de large, recouvert par une masse de débris que le professeur A. Heim, de Zurich, évalue à 5 millions de mètres cubes, la moitié de l'éboulement d'Elm, quatre fois l'éboulement de Randa, en 1819, qui offre le plus d'analogie avec la catastrophe actuelle. Le trajet total du parcours de l'éboulement, depuis le point de départ, au sommet de l'Altels jusqu'au haut de l'Ueschinerwand, mesure sur la carte environ 4 *km*.

Voici les chiffres officiels des pertes : six hommes tués, environ deux cents têtes de bétail tuées (trois vaches seulement ont été retrouvées vivantes), quatre chalets détruits (un chalet d'habitation, une fruiterie et deux étables), l'alpage ruiné pour de longues années, la forêt d'arolles à moitié anéantie. L'évaluation des dégâts n'a pas encore été faite. L'alpage, quoique sur territoire bernois, appartient à la commune valaisanne de Louèche-les-Bains, dont ressortissaient également les hommes et le bétail.

On raconte qu'en 1782 un semblable événement est arrivé sur cette alpe, comme cette année, à la veille de la descente des troupeaux. Il y eut alors quatre hommes et soixante têtes de bétail tués.

L'acétylène. — Nous avons eu récemment l'occasion (voir chronique de mai, page 732) d'appeler l'attention sur l'acétylène et les importantes applications qu'on entrevoit pour ce produit si sa préparation devient réellement économique. Nous croyons qu'on lira avec intérêt le résumé d'une communication sur l'acétylène à la 78e session de la Société hélvétique des sciences naturelles, tenue à Zermatt les 10 et 11 septembre dernier, communication faite par notre éminent Collègue **M. Raoul Pictet.**

L'acétylène, ce nouveau gaz d'éclairage qui a excité la curiosité

publique depuis un an, est apparu par la collaboration de MM. Moissan et Willson, un Français et un Américain. C'est l'Américain qui a trouvé le gaz et le Français la matière première.

L'Américain, désireux de fabriquer industriellement du calcium métallique, avait suivi les procédés opératoires de M. Moissan; il récolta de son four électrique une masse noire qui n'était pas le métal cherché; furieux, il fit jeter, dans un mouvement d'humeur, cette masse informe au rebut dans la cour de l'usine. A ce moment, il pleuvait à verse et un orage inondait les abords. Soudain une ébullition énorme de l'eau se produisit, l'effervescence fut extrême et une formidable explosion fit sauter les fenêtres en éclats. L'acétylène était découverte dans sa forme nouvelle, c'est-à-dire celle d'un gaz industriel, facile à fabriquer, et ouvrant des horizons nouveaux à l'éclairage public.

Il faut suivre de nombreux méandres pour obtenir ce corps pur, mettant ceux qui l'utilisent à l'abri de tout danger.

Les propriétés physiques de ce corps sont fort remarquables. C'est le liquide le plus léger connu; il pèse à volume égal à peu près trois fois moins que l'eau. Il se dilate d'une façon unique dans l'histoire des liquides, puisqu'il tient le record même sur les gaz, qu'il laisse à mi-chemin sur l'échelle des coefficients.

En chimie, l'acétylène est un jalon de premier ordre comme moyen d'origine des alcools, des sucres, etc,

Le prix très bas pour lequel on peut obtenir l'acétylène est la grande chose, car, depuis les travaux de Berthelot en 1862, ce gaz était connu pour ses propriétés exceptionnelles.

En allumant un jet d'acétylène sortant d'une bonbonne d'acier où il était liquéfié, M. Raoul Pictet montre la différence de clarté entre cette flamme blanche et éclatante comparativement à une lampe à pétrole brûlant en plein jour. Le contraste est la meilleure démonstration; c'est certainement l'éclairage de l'avenir dans un grand nombre de cas : trains, hôtels, châteaux, mines, etc., où tous les autres systèmes sont hors de concurrence. Avec une diminution du prix du carbure de calcium, l'acétylène pourra même remplacer partout le gaz ordinaire et l'électricité. Le calme parfait de la flamme et sa blancheur, riche en toutes les couleurs fondamentales, donne à ce système une place de premier rang dans la réalisation cherchée de l'éclairage public.

Un fil téléphonique. — L'administration des postes et télégraphes suisses vient d'établir à travers le lac de Wallenstadt un fil téléphonique dont la longueur sans appui est probablement la plus considérable qui existe.

La distance entre les deux pylônes en fer construits sur les deux rives du lac pour supporter ce fil est, en effet, de 2 400 *m*.

Du côté de Quinten (rive droite) le pylône est élevé à 360 *m* au-dessus du niveau du lac, et à Murg (rive gauche) la hauteur à laquelle aboutit ce fil est à 130 *m* au-dessus de l'eau.

Le fil, en acier, a 2 *mm* seulement de diamètre; la flèche a 190 *m* et le point le plus bas de la courbe que forme le fil est à 40 *m* au-dessus du niveau du lac.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JUIN 1895

Essai sur la **limite de la résistance à la rupture par traction** des ciments et autres matériaux analogues, par M. L. DURAND-CLAYE, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

L'auteur a fait remarquer que la résistance par centimètre carré à la rupture ne représente pas la limite de la résistance à la rupture et qu'elle reste nécessairement au-dessous. En effet, la tension dans la section de rupture n'est jamais uniforme, la rupture a lieu lorsque la limite de résistance est atteinte en un point, la briquette s'ouvre en ce point et la rupture s'étend de proche en proche.

La mémoire a pour objet d'exposer une théorie qui permet d'apprécier l'écart entre la limite de rupture et la résistance trouvée dans les essais.

La conclusion est que le nombre que l'on déduit de l'essai des ciments au moyen de briquettes rompues par traction reste au-dessous de la valeur réelle de la résistance de cette matière, d'une quantité qui semblerait se rapprocher de la moitié pour les briquettes en 8.

Celui que l'on déduit de l'essai au moyen de barrettes rompues par flexion est au-dessus de la valeur réelle de la résistance d'une quantité qui paraîtrait devoir se tenir dans les environs du quart ou du tiers.

La moyenne arithmétique des deux résultats ne doit pas différer beaucoup de la valeur réelle de la résistance, puisque, si l'on admet la conclusion qui précède, il faut retrancher de la résistance réelle environ un tiers de sa valeur pour retrouver le nombre calculé à la suite de l'essai par traction, ou lui ajouter environ un tiers pour retrouver le nombre calculé à la suite de l'essai par flexion.

Note sur la **tenue probable des sources et des eaux courantes** dans le bassin de la Seine pendant l'été et l'automne 1895, par MM. LEMOINE, Ingénieur en chef, et BABINET, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Dans un bassin fluvial où dominent les terrains perméables, comme celui de la Seine, les pluies des mois chauds ne profitent presque pas aux cours d'eau à cause de l'évaporation qui en absorbe la plus grande partie. La quantité d'eau tombée dans la saison froide, du 1er novembre au 30 avril, permet donc de prévoir la tenue moyenne des eaux courantes pendant la saison chaude suivante.

La note rapporte un certain nombre d'observations relatives à cette théorie et qui la confirment; elle conclut qu'à moins de pluies très intenses, très prolongées et absolument exceptionnelles, les sources et les eaux courantes seront très basses, dans une grande partie du bassin de la Seine, jusqu'à la fin d'octobre.

Mémoire sur **les arcs articulés et les arcs encastrés,** par M. Souleyre. Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les formules pour le calcul des arcs ont été établies par divers auteurs, mais la difficulté de l'étude de ces formules consiste dans la complication des calculs.

La présente note a pour objet de montrer :

1° Que le calcul des arcs peut le plus souvent se faire avec simplicité et que les arcs encastrés s'étudient pratiquement avec la même facilité que les arcs articulés;

2° Que l'encastrement permet de réaliser de grosses économies de métal pour les arcs à grande flèche.

L'auteur examine successivement le cas des arcs de chaînette et celui des arcs paraboliques dans les deux hypothèses de l'articulation et de l'encastrement. Il conclut de cette étude que l'on peut se servir pour les arcs encastrés à grande flèche des formules correspondantes à l'arc de chaînette, formules qui se prêtent à des intégrations immédiates pour des poids répartis le long de la corde ou le long de l'arc, suivant une loi susceptible d'être définie par une fonction algébrique de l'abcisse.

Lorsque le rapport $\frac{f}{2a}$ n'est pas supérieur à 1/6, les formules se simplifient grandement, on peut adopter, pour l'arc de chaînette, comme pour l'arc parabolique, les formules de l'arc parabolique; les valeurs des réactions et des poussées peuvent être exprimées une fois pour toutes pour les arcs de tous surbaissements, à une fraction constantes près.

L'encastrement donne de moins bons résultats que l'articulation au point de vue des variations de température, mais il en donne de si bons au point de vue des surcharges partielles, qu'il procure une grosse économie pour les arcs peu surbaissés. La solution théoriquement la plus avantageuse correspond au cas du semi-encastrement.

Note sur les précautions à prendre dans la **construction des grands réservoirs d'eau,** par M. Dutoit, conducteur principal des ponts et chaussées, Inspecteur des irrigations de la Ville de Paris.

Malgré les soins qu'on apporte à la construction des grands réservoirs en maçonnerie, les variations inévitables de température ont pour conséquence la production de fissures tant dans le radier que dans les murs de pourtour. Il est inutile de tenter de boucher les ouvertures ; les fissures une fois ouvertes, elles reparaissent toujours. Le mieux est de se résigner et de les laisser subsister; on prescrit seulement des mesures spéciales pour qu'il n'en résulte pas d'inconvénients au point de vue de l'emmasinement de l'eau ou de la conservation de l'ouvrage.

La principale de ces mesures consiste dans l'établissement d'un double radier avec interposition de galeries accessibles et visitables, fournissant en même temps un moyen de drainage énergique et sûr.

Le mémoire décrit l'application de ces dispositions au réservoir de Villejuif, construit en 1881-82, et à celui de Montmartre, établi en 1888-89. Le succès a été complet et ces ouvrages n'ont manifesté depuis leur mise en service ni mouvement, ni tassement.

L'auteur indique également divers moyens employés pour réparer les

fissures des réservoirs. L'un de ces moyens consiste à dégager la fissure et à la recouvrir d'une bande de caoutchouc non vulcanisé qu'on recouvre ensuite de mortier.

La fuite est arrêtée par le caoutchouc, sans que les mouvements de dilatation soient empêchés. Ce mode de réparation est dû à M. l'Ingénieur en chef Couche, qui l'a introduit dans le service des eaux de Paris.

Juillet 1895

Note sur la **méthode de deux surcharges continues**, pour le calcul des ponts métalliques à poutres droites, par M. Ed. Collignon, Inspecteur général des ponts et chaussées.

On sait que la circulaire du 29 août 1891 substitue, pour le calcul des ponts métalliques, l'emploi, comme surcharge, d'un train particulier à l'usage d'une charge uniformément répartie. Pour tenir compte de l'augmentation de poids des trains, on a proposé divers moyens pour mettre l'échelle des surcharges en rapport avec cette augmentation. Mais la plupart de ces méthodes entraînent des opérations fort longues et des calculs laborieux. Pour simplifier le problème, M. Collignon propose d'employer deux surcharges distinctes, placées l'une au bout de l'autre et dont l'une représente la tête, l'autre la queue du train. La tête qui comprend les locomotives et tenders donne un poids de 160 t uniformément répartie sur une largeur de 30 m donnant 5,33 t par mètre courant, alors que la queue composée d'essieux régulièrement espacés de 3 m, donne en moyenne 2,66 t par mètre courant. On est conduit à essayer deux surcharges continues, l'une applicable à la queue du train et l'autre à la tête. En partant de cette hypothèse, l'auteur arrive à établir des formules assez simples et applicables à la plupart des cas usuels en faisant observer d'ailleurs que ces formules ne sont qu'approximatives et ne donnent de résultats admissibles que dans des circonstances analogues à celles qui ont servi à les obtenir.

Note sur les **barrages en maçonnerie**, par M. Le Rond, Ingénieur des ponts et chaussées.

Des événements récents ont jeté des doutes sur la légitimité des calculs employés ordinairement pour les barrages en maçonnerie établis pour résister par leur seul poids à la poussée de l'eau et, dans certains cas, empruntant un surcroît de résistance à la forme de voûte en plan qui leur est donnée. On suppose toujours le barrage formant monolithe. Si on introduit l'hypothèse de fissures permettant à la pression de l'eau de s'exercer, on trouve que les conditions de résistance sont complètement modifiées. Or ces fissures se produisent sous l'action de plusieurs causes dont la principale réside dans les variations de température.

On a imaginé divers moyens pour échapper aux inconvénients résultant de ces fissures qu'il est impossible d'empêcher de se produire. Comme c'est la continuité de longues digues en maçonnerie qui cause la majeure partie des fissures, on peut partager le barrage en tranches, entre lesquelles on interpose des matières obturantes et élastiques, ou

bien devant lesquelles on place un masque. On peut encore diviser le barrage en deux parties, le corps du barrage qui fournit la résistance et un écran ou masque qui assure l'étanchéité ou ne laisse passer que de l'eau sans pression. Cet écran peut être fait en bois, en métal ou en maçonnerie.

En résumé, on doit admettre d'après l'auteur :

1° Que les barrages monolithiques sont sujets à des altérations inévitables qui doivent conduire à n'accorder qu'une confiance restreinte aux résultats satisfaisants des calculs usuels, où on ne fait intervenir que le poids des maçonneries et la pression de l'eau sur le parement d'amont;

2° Qu'il est possible néanmoins de parer à ces inconvénients, soit en usant d'artifices permettant aux maçonneries de se déformer sans se rompre; soit en soustrayant, à l'aide d'un masque indépendant, le corps des barrages à l'action de l'eau qu'ils retiennent; soit, en un mot, à l'aide d'un dispositif quelconque empêchant l'eau de se glisser dans les maçonneries et d'y exercer des pressions internes et permettant, en tout temps, d'en contrôler l'état.

Ces dispositions assureraient la possibilité de savoir comment travaillent les ouvrages, de reconnaître leur fatigue et d'apprécier le moment où il devient dangereux de les maintenir en service.

ANNALES DES MINES

7e livraison de 1895.

Note sur des **dégagements de gaz inflammables** survenus dans les carrières d'argile réfractaire de Bollène, par M. Oppermann. ingénieur en chef des mines.

On a constaté depuis quelques années, dans les travaux des carrières souterraines d'argile réfractaire de Bollène, des dégagements subits de gaz inflammable. Ce gaz est emmagasiné dans des poches où il se trouve sous pression, et sa sortie brusque a amené des accidents dont la note dont nous nous occupons décrit un certain nombre.

Comme ces dégagements de gaz ne se rencontrent que dans la reprise ou à l'approche d'anciens travaux abandonnés à la suite de venues d'eau trop abondantes, on peut conclure que ces gaz proviennent de la décomposition des bois laissés dans ces travaux. Il serait intéressant de vérifier si ces gaz sont formés d'un mélange de formène et d'acide carbonique, de même que de faire des expériences directes sur la production de gaz par la fermentation de fragments de bois et d'écorces de même nature que celle des boisages des carrières de Bollène.

Note sur des **dégagements de gaz inflammables** survenus dans les glaisières de Vanves et de Malakoff (Seine), par M. Humbert, ingénieur des mines.

Un accident, comparable à un véritable coup de grisou, survenu en septembre 1874 dans une carrière souterraine de Malakoff aux portes de

Paris, a appelé l'attention sur des dégagements gazeux qui se produisent dans les glaisières. Les gaz y sont emmagasinés sous pression. On peut attribuer leur production à la décomposition de vieux bois abandonnés en présence de l'eau et de l'air. On a cherché à expliquer leur formation par la décomposition des lignites intercalés dans l'argile, mais la proportion de ces lignites est trop faible pour donner lieu à une production sérieuse de gaz. Quoi qu'il en soit, l'autorité a prescrit des précautions spéciales pour l'exploitation de glaisières susceptibles de dégagements de gaz.

Note sur des **dégagements de gaz inflammables** survenus dans des carrières souterraines d'argile plastique en Belgique.

M. l'ingénieur en chef Roberti-Lintermans a signalé un certain nombre d'accidents survenus par explosion de gaz dans des carrières d'argile en Belgique. On attribue la production de ces gaz à la décomposition de bois abandonnés dans un milieu humide ou de l'air emprisonné et chauffé par le tassement des terres plastiques.

Notes sur des **flambées de gaz** survenues dans des quartiers de mines non grisouteux.

Ces flambées ont été constatées au puits Peyrotte de la concession de Carmaux et au puits Marseille dans la Loire. On attribue également la formation de ces gaz à la décomposition de bois et généralement de matières organiques abandonnés à l'humidité. La composition de ces gaz paraît être celle du gaz des marais.

Note sur des **dégagements de gaz inflammables** survenus dans des mines métalliques, notamment dans celle de Pontpéan, par M. Lodin, Ingénieur en chef des mines.

Cette note contient une série d'observations sur des dégagements de gaz constatés dans des salines et mines métalliques, puis une étude spéciale de la mine de Pontpéan (Ille-et-Vilaine), où on exploite la galène avec blende et pyrite.

Un certain nombre d'accidents y sont arrivés par explosion de gaz. La formation de ces gaz peut encore être attribuée, dans une partie des cas, à la décomposition des boisages, mais, pour d'autres, cette explication est insuffisante. On est porté à admettre que les dégagements de gaz inflammables proviennent du remplissage métallifère lui-même imprégné d'hydrocarbures à une époque probablement contemporaine de sa formation. Des matières organiques ont pu entrer dans la composition de ce remplissage et amener la production des hydrocarbures gazeux dont on constate la présence très fréquemment dans le remplissage même des filons.

Note sur les **anciennes installations d'épuisement** des mines de Châteauverdun, par M. Vieira, Ingénieur des mines.

L'exploitation des mines de fer de Châteauverdun, dans l'Ariège, paraît remonter au XIV^e^ siècle. Des explorations récentes ont fait retrouver des anciens travaux où se trouvaient les débris d'une machine d'épui-

sement décrite dans l'ouvrage de Dietrich sur les mines, forges et salines des Pyrénées, imprimé à Paris en 1786. On a également retrouvé d'autres appareils analogues, dont quelques-uns très bien conservés. C'étaient des pompes en bois avec pistons à garniture en cuir. L'installation complète devait se composer de trente-cinq à trente-six pompes, dont on a retrouvé vingt et une. L'épuisement intérieur se faisait à bras d'hommes. Chaque pompe mue à bras par quatre hommes, il fallait cent quarante hommes rien que pour l'épuisement. Actuellement, tout cet attirail est remplacé par une seule pompe à plongeur de 0,18 *m* de diamètre et 1,20 *m* de course, refoulant à 42 *m* de hauteur.

8e livraison de 1895.

Consolidation des carrières souterraines sous le prolongement du chemin de fer de Sceaux dans Paris, par M. O. Keller, Inspecteur général des mines.

Sous plus de la moitié du parcours de la nouvelle ligne, entre le terminus au boulevard Saint-Michel et la gare Denfert, il existe d'anciennes carrières souterraines qu'il a fallu consolider pour assurer la stabilité du tunnel et des voies.

La note décrit les travaux qui ont été exécutés dans ce but, et qui ont consisté essentiellement dans l'exécution d'une galerie d'exploration sous l'emplacement des piédroits du souterrain et l'établissement d'un massif continu de maçonnerie divisé longitudinalement en deux parties laissant entre elles une galerie d'inspection de 1 *m* de largeur. Ces deux galeries ont été réunies, de distance en distance, par des galeries transversales à parois maçonnées. On a, de plus, établi sous le radier du tunnel, c'est-à-dire sous les voies, des piliers ou murs de soutènement dans les rues de carrières rencontrées. On a fréquemment trouvé des affaissements de terrain qui ont exigé des consolidations importantes consistant en général à combler les excavations avec des terres pilonnées contenues par des murs à sec. Ces travaux ont entraîné l'exécution de près de 8 000 m^3 de maçonnerie. On peut estimer la dépense à 500 000 *f* en nombre rond.

Application de la **métallographie microscopique** à la fabrication des rails, d'après un travail de M. A. Sauveur, par M. F. Osmond,

M. A. Sauveur, Ingénieur des aciéries de l'Illinois, a appliqué régulièrement la micrographie à la conduite d'une fabrication industrielle.

A cet effet, il a recherché d'abord comment les dimensions des cellules, grains ou cristaux varient avec les conditions du traitement calorifique des aciers et avec leur composition chimique, et a étudié les relations entre la microstructure des rails et leurs propriétés mécaniques. On conçoit que des méthodes basées sur ces appréciations puissent avoir un grand intérêt pour la conduite de la fabrication et surtout le traitement calorifique auquel on soumet le métal.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1893 par les Ingénieurs des mines dans les laboratoires départementaux.

Note sur la **constitution du midi du bassin houiller de Valenciennes**, par M. Chapuy, Ingénieur des mines.

L'auteur, s'appuyant sur les résultats de diverses recherches, développe des considérations qui permettent de supposer que le recouvrement du terrain houiller par une nappe de terrains anciens se relevant à une certaine distance n'existe, en ce qui concerne le bassin du Nord, que dans une région voisine de la frontière belge, et que, dans la plus grande partie du bassin, le bord méridional, dans l'état où les érosions l'ont laissé, est seulement replié, de manière à plonger au midi.

Note sur **quelques expériences faites au siège n° 1 des mines de Liévin** pour mesurer la pression du grisou dans la houille, par M. A. Simon, Ingénieur principal aux mines de Liévin.

On a procédé en faisant, avec un perforateur à main, un trou de 0,06 *m* de diamètre et de profondeur variable. On y a introduit un tube de cuivre de 0,01 *m* de diamètre terminé par un manomètre. Le joint était fait par un bourrage énergique. On mesurait la pression et le débit, ce dernier au moyen d'un compteur.

La pression a varié de 6 à 7 *kg* par centimètre carré, alors que dans certaines mines anglaises, on a trouvé jusqu'à 32 *kg*, le débit par heure et par mètre carré de surface n'a pas dépassé 0,338 m^3, alors qu'on a trouvé 0,900 m^3 dans la région de Saint-Étienne. La rapport entre le débit par mètre carré et la pression $\frac{v}{p}$ appelé par Mallard *coefficient de perméabilité*, varie de 0,049 à Liévin à 15,71 à la mine de Treuil, à Saint-Étienne. A cette dernière la pression est très faible, 0,047 *kg*; la grande perméabilité correspond, en effet, généralement aux moindres pressions.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juillet 1895

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 6 juillet.

Cette séance a pour objet la visite de l'usine des Étaings, près Rive-de-Gier, appartenant à MM. Marrel frères.

Le compte rendu décrit sommairement les diverses parties de l'usine et le travail qu'on y opère.

Les aciéries installées sous une halle de 30 *m* de portée et 100 *m* de longueur comprennent deux fours basiques de 25 *t* et deux fours acides de 35 pouvant travailler de concert pour la production des lingots de 100 *t*. La fosse de coulée est desservie par deux ponts roulants électriques, l'un de 140 *t*, l'autre de 50.

L'atelier de fabrication des blindages a pour pièce la plus remar-

quable le grand laminoir universel à cylindres de 1,05 *m* de diamètre pouvant laminer des plaques de 3,200 *m* de largeur et 1,25 *m* d'épaisseur. Ce train est pourvu de tabliers et de pousseurs hydrauliques, grâce auxquels la manipulation des blocs incandescents de 30 à 40 *t* se fait avec une sécurité parfaite. Le chantier de gabariage est muni de deux presses hydrauliques, l'une de 4 000 *t*, l'autre de 1 000 *t*; le chantier de trempe a un pont roulant électrique de 50 *t*.

L'atelier des pilons est une partie importante de l'usine des Étaings. Il comprend un pilon de 50 *t* desservi par deux grues de 90 *t* et un pilon de 100 *t* desservi par une grue de 180 *t* et un pont roulant de 120.

L'atelier des tours où on travaille les gros canons et les arbres de machines marines est desservi par un pont roulant électrique de 120 *t*.

L'atelier de finissage des blindages contient les outils les plus robustes et les plus perfectionnés employés pour ce genre de travail, tels que raboteuses à plateau, raboteuses à fosse, raboteuses de côté, mortaiseuses et grands étaux limeurs, scies circulaires et scies à ruban, machines à percer, etc. Cet atelier est desservi par des ponts-roulants électriques de 50 *t* et par des voies se reliant avec le chemin de fer P.-L.-M. On peut encore signaler dans l'outillage de cet atelier un petit marteau à air comprimé servant à décaper les plaques en aciers spéciaux dont les oxydes sont très adhérents.

L'électricité joue un très grand rôle dans l'usine des Étaings. Cette usine possède huit ponts-roulants électriques dont la puissance varie de 40 à 140 *t*. Il y a deux réseaux, l'un pour l'éclairage à 110 volts, l'autre pour le transport de force à 300 volts, lesquels absorbent à eux deux un travail de 300 *ch*.

Les visiteurs ont assisté à diverses opérations, notamment au laminage d'une plaque trapézoïdale en acier au nickel destinée à la ceinture cuirassée du *Bouvet* et à la trempe d'une plaque de même métal destinée au même navire.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 18040-10-95. — (Encre Lorilleux).

Fig.10.

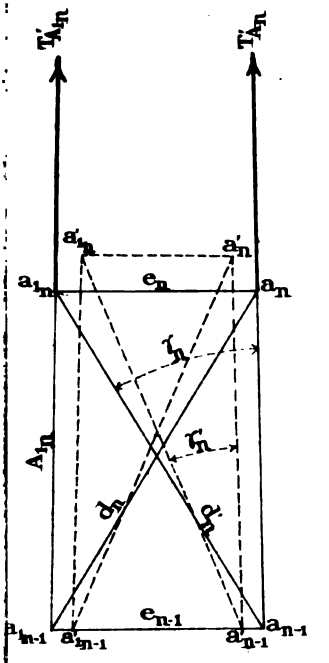
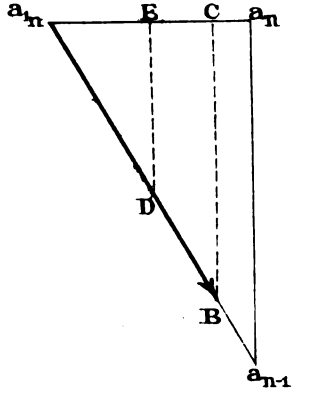


Fig.11.



Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Fig.11

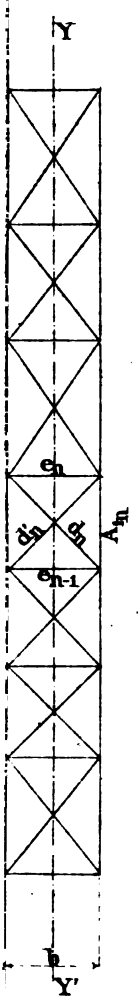


Fig.10

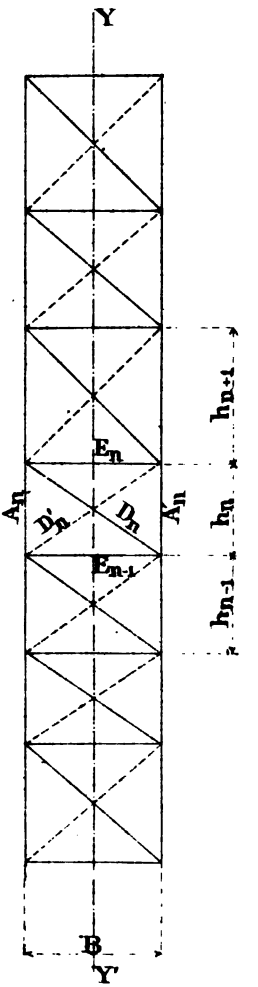
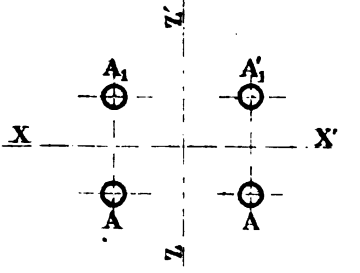
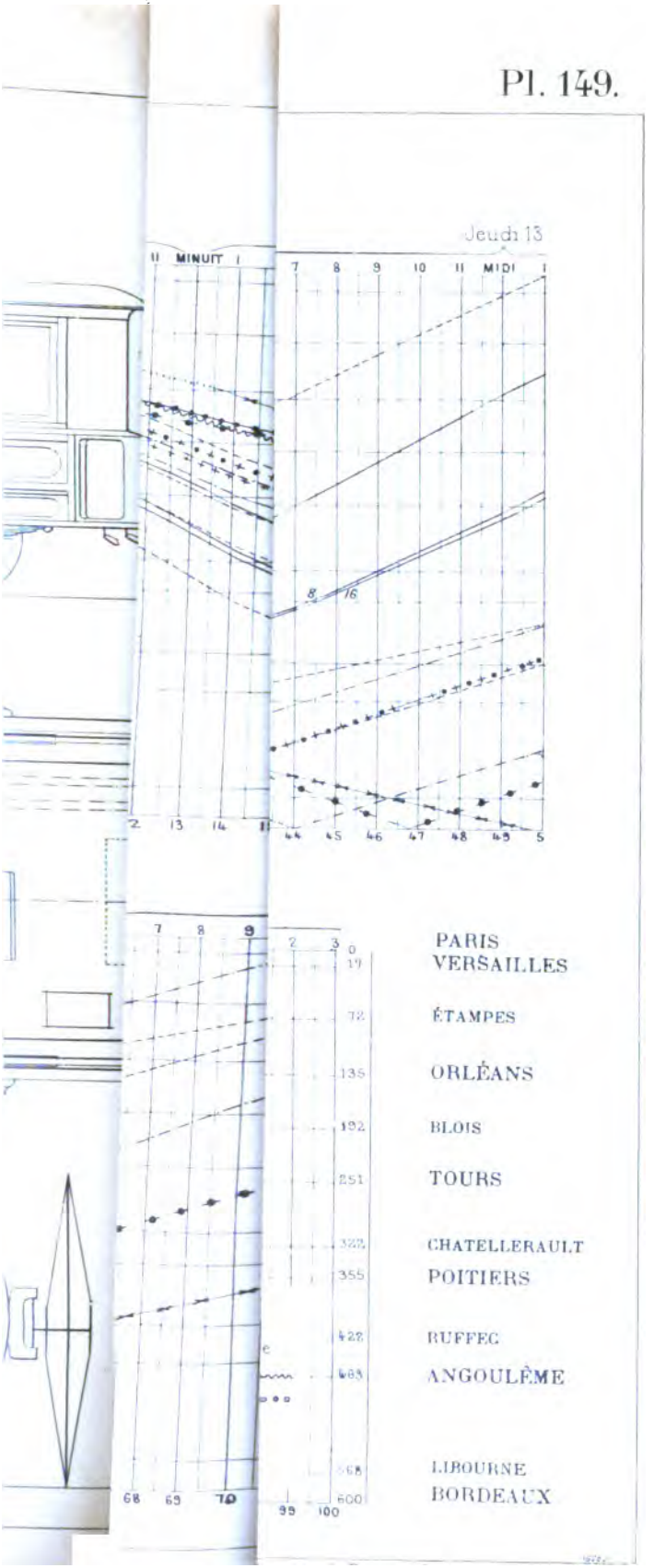


Fig.12.



Auto-Imp. L. Courtier, 48, rue de Dunkerque, Paris.


Jeudi 13
11 MINUIT 1
7 8 9 10 11 MIDI 1
8 16
12 13 14 15
44 45 46 47 48 49 5
7 8 9
2 3
0
19
72
135
192
251
322
355
428
483
568
600
68 69 70
99 100
PARIS
VERSAILLES
ÉTAMPES
ORLÉANS
BLOIS
TOURS
CHATELLERAULT
POITIERS
RUFFEC
ANGOULÊME
LIBOURNE
BORDEAUX

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1895

N° 10.

Sommaire des séances du mois d'octobre 1895.

1° *Décès* de MM. F.-H. Barré, J. Chennevière, A. Duseaux, P. Ferrand, G.-A. Finol, Tony de Fontenay, L. Goujon, J.-E. Jantot, Ch.-E. Lejeune, C. Piérart, Ch. Simons, R.-H. Tweddell, E.-E. Hacquart, J. Barrau, O. Fauquet, A. Darlot, B.-F.-N. de Mans, G.-L.-L. Fournier et L. Pasteur (Séances des 4 et 18 octobre), page 327 et 335;

2° *Notice au sujet du décès et des funérailles de M. Louis Pasteur*, par M. J. Charton (Séance du 4 octobre), page 328;

3° *Décorations et nominations* (Séances des 4 et 18 octobre), page 329 et 335;

4° *Diplôme d'honneur et prix de 200 francs obtenu par M. Lumereaux au concours de mécanique ouvert par la Société des Sciences et Arts de la Marne* (Séance du 4 octobre), page 329;

5° *Nomination de M. Paul Buquet, comme Directeur de l'École Centrale des Arts et Manufactures* (Séance du 4 octobre), page 329;

6° *Congrès des habitations à bon marché, à Bordeaux, en novembre 1895;* M. E. Cacheux, délégué (Séance du 4 octobre), page 330;

7° *Congrès de l'enseignement technique, commercial et industriel, à Bordeaux, en septembre 1895;* M. H. Rémaury, délégué (séance du 4 octobre), page 330;

8° *Congrès de Chimie appliquée, à Paris, en août 1896;* MM. E. Derennes, Ch. Gallois, J. Garçon, P. Gassaud et P, Jannettaz, délégués (Séance du 4 octobre), page 330;

9° *Turbine de Laval de 100 chevaux.* (Compte rendu d'un essai de consommation de vapeur, fait à l'Exposition de Bordeaux sur une), par M. Ch. Compère (Séance du 4 octobre), page 330;

10° *Tramways électriques à câbles souterrains* (Les), par M. A. Lavezzari (Séance du 4 octobre), page 332;

11° *Nomination de MM. L. Appert et Delaunay-Belleville comme membres de la Commission extraparlementaire chargée d'examiner les clauses et conditions des cahiers des charges des adjudications et marchés publics et de donner son avis sur les modifications à y apporter* (Séance du 18 octobre), page 336;

12° *Canalisations d'éclairage électrique* (Documents officiels et jurisprudence, compte rendu de l'ouvrage de MM. Hérard et Ch. Sirey (Sur les), par M. P. Gassaud (Séance du 18 octobre), page 336;

13° *Concessions de gaz et d'électricité devant la juridiction administrative* (Les). Analyse de l'ouvrage de MM. Garnier et Dauvert, par M. Auguste Moreau (Séance du 18 octobre), page 339;

14° *Congrès tenu à Bordeaux par l'Association française pour l'Avancement des Sciences, en 1895* (Compte rendu du), par M. P. Jannettaz (Séance du 18 octobre), page 341;

15° *Torpilleur de haute mer* « *Forban* » (Compte rendu des essais du), par M. G. Hart (Séance du 18 octobre), page 344;

Mémoires contenus dans le bulletin d'octobre 1895 :

16° *Essais de consommation de vapeur sur la Turbine de Laval*, par M. Ch. Compère, page 351;

17° *Les tramways électriques à conducteurs souterrains*, par M. A. Lavezzari, page 363;

18° *Chronique* n° 190, par M. A. Mallet, page 393;

19° *Comptes rendus*, — page 403;

20° *Planches* n^{os} 150 et 151.

Pendant le mois d'octobre 1895, la Société a reçu :

35563 à 35565 — De l'Institution of Civil Engineers. *Catalogue of the Library of the Institution of Civil Engineers* (3 vol. in-8°). London, 1895.

35566 — De MM. E. Bernard et C^{ie}, éditeurs. *Applications de chimie à l'art militaire moderne*, par Emile Serrant (in-8° de 131 p., avec 1 pl.). Paris, E. Bernard et C^{ie}, éditeurs, 1895.

35567 — De Przeglad Techniczny. *Obliczanie Robot Ziemnich na Stokach*, par R. Niewiadomski (grand in-8° de 31 p. avec 1 pl.). Warszawa, 1895.

35568 — De M. J. René Benoit (M. de la S.). *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures. Tome XI, 1895.* Paris, Gauthier-Villars, 1895.

35569 - De l'American Institute of Electrical Engineers. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Vol. XI, 1894.* New-York City, 1894.

35570 — De l'Accademia dei Lincei. *Atti della Reale Accademia dei Lincei. CCXCII, ano 1895. Rendiconto dell' Adunanza solenne del 9 guigno 1895* (pages 187 à 238). Roma, 1895.

35571 — De M. L.-F. Vernon-Harcourt. *Brief Notices of Works* (in-8° de 23 p.). London, 1895.

35572 — Du Comité des forges de France. *Comité des forges de France. Annuaire 1895-96.* Paris, Siège du Comité.

35573 — De M. F.-G. Kreutzberger (M. de la S.). *The Venturi Meter.*
et 35574 *Patented by Clemens Herschel, Made by Builers Iron Foundry* (2 brochures in-8°). Providence, 1893 et 1895.

35575 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXI, 1894-95. Part. III.* London, 1895.

35576 — De la Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres de l'Aube, par le Ministère de l'Instruction publique. *Mémoires de la Société académique d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube. Tome LVIII. Année 1894.* Troyes, Paul Nouel, 1894.

35557 — De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). *Resume of Correspondence from Engineering Societies Relating to Establishing Closer Internationa Relations* (in-8° de 16 p.). New-York, American Society of Civil Engineers, 1895.

35578 — Dito. *The Literary Product of the International Engineering Congress of 1893* (in-8° de 8 p.). New-York, American Society of Civil Engineers, 1896.

35579 — De la Société de secours des amis des sciences. *Société de secours des amis des sciences. Compte rendu des 34e et 35e exercices, 1894 et 1895.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35580 — De M. Ch.-E. Fowler. *General Specifications for Roofs and Iron Buildings* (grand in-4° de 6 p.), 1894.

35581 — De la Chambre de commerce de Rouen. *Chambre de commerce de Rouen. Compte rendu des travaux pendant l'année 1894.* Rouen, Lapierre, 1895.

35582 — De la Direction générale des douanes. *Tableau général des mouvements du cabotage pendant l'année 1894.* Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35583 — De M. W. Jackson. *Engineering Department Twenty-Eighth Annual Report of the City Engineer Boston, for the year 1894.* Boston, 1895.

35584 — De M. J. Logre (M. de la S.). *Congrès d'assainissement et de salubrité, du 7 au 13 juillet 1895. Usine de Noisiel. Cité ouvrière, fondée en 1874, par M. E.-J. Menier. Notice descriptive des dispositions générales de la Cité*, par M. J. Logre (in-8° de 12 p. avec 3 pl.). Paris, E. Plon, Nourrit et Cie, 1895.

35585 — Dito. *Exposition internationale d'hygiène de Paris, 1895. Usine de Noisiel, fondée en 1825. Notes sur les dispositions générales de l'usine et de ses dépendances*, par M. J. Logre (in-4° de 6 p. autog.).

35586 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1893. Documents divers. Première partie. France, Intérêt général.* Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35587 — De M. H.-D. Woods (M. de la S.). *City of Newton Massachusetts. Annual Report of the City Engineer for the year 1894.* Newton, 1895.

35588 — Dito. *City of Newton Massachusetts. Report of Water Board for year ending, December 31, 1894.* Newton, 1895.

35589 — De M. J. de Coëne (M. de la S.). *Les associations pour prévenir les accidents du travail. Leur rôle. Les résultats obtenus* (grand in-8° de 15 p.). Rouen, E. Deshays et C^ie^, 1895.

35590 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Cubature des terrasses et mouvements des terres*, par G. Dariès (petit in-8° de 202 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35591 — De M. A. Lencauchez (M. de la S.). *Fabrication de l'acier et du fer fondus sur sole* (grand in-8° de 24 p.). Paris, E. Rousset, 1895.

35592 — Dito. *The Manufacture of Steel of the open Hearth* (in-8° de 18 p. avec 6 pl.). London, 1895.

35593 — De M. F.-B. de Mas. *Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie, 4^e^ fascicule.* Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35594 et 35595 — Du Ministère des Travaux publics. *Observations sur les cours d'eau et la pluie, centralisées pendant l'année 1891 par le Service hydrométrique du bassin de l'Adour.* Pau, Garet, 1893.

35596 — De M. H. Pucey. *Les bains publics à Budapest* (grand in-4° de 57 p. avec 8 pl.). Paris, D. Dumoulin et C^ie^, 1895.

35597 — De M. P. Vuillot. *Appareils pour distribution d'eau. Hygiène et assainissement. Album illustré avec tarifs* (in-8° oblong de 125 pl.). Roanne, P. Roustan, 1895.

35598 — De la Direction de l'Office du Travail. *Études sur les derniers résultats des assurances sociales en Allemagne et en Autriche. II^e^ Partie. Maladie, invalidité et vieillesse* (in-8° de 229 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35599 — Dito. *Hygiène et sécurité des travailleurs dans les ateliers industriels* (in-8° de 659 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35600 — De K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus. *Jahrbücher der K. K. Central-Anstalt für Meteorologie- und Erdmagnetismus. Officielle Publication. Jahrgang, 1892.* Wien, 1894.

35601 — De Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich. *XXVI Adressverzeichniss der Mitglieder*

der Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich (petit in-8° de 48 p.). Zürich, 1895.

35602 — De Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnikums in Zürich. *Anhang zum XXVI. Adressverzeichniss der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich* (petit in-8° de 52 p.). Zürich, 1895.

35603 — De MM. Paget, Moeller and Hardy. *Kingdom of Hungary Patent Law dated July, 7 th. 1895, translated* by Paget, Moeller and Hardy (petit in-8° de 20 p.). Vienna, 1895.

35604 — De M. L.-F. Vernon-Harcourt. *British Association for the advancement of Science. Ipswich, 1895. Address to the Mechanical Science section*, by L.-F. Vernon-Harcourt (petit in-8° de 12 p.).

35605 — Dito. *The Survey of the Delta of the Danube in 1894*, by L.-F. Vernon-Harcourt (petit in-8° de 9 p.). London, 1895.

35606 — De M. A. Lencauchez (M. de la S.). *Fours à gaz d'éclairage construits, en 1889, dans l'usine du Landy* (in-8° de 26 p. avec 4 pl.). Saint-Étienne, Société de l'industrie minérale, 1895.

35607 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXII, 1894-1895. Part. IV.* London, 1895.

35608 — Dito. *Charter, Supplemental Charter, by Laws and List of Members of the Institution of Civil Engineers* (in-8° de 195 p.). London, 1895.

35609 — De M. A. Moreau (M. de la S.). *Les Concessions de gaz et d'électricité devant la juridiction administrative*, par MM. Léon Garnier et Paul Dauvert, avec introduction par M. Th. Delahaye (in-8° de 525 p.). Paris, aux bureaux du Journal des usines à gaz, 1894.

35610 — De l'Iron and Steel Institute *The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. XLVII, N° 1, 1895.* London, 1895.

35611 — Dito. *Rules and List of Members of the Iron and Steel Institute, 1895.* London, 1895.

35612 — De M. H. Vallot (M. de la S.). *Note sur la carte du Massif du Mont-Blanc*, par MM. Joseph et Henri Vallot (in-8° de 28 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1893.

35613 — Dito. *Deuxième Note sur la carte du Massif du Mont-Blanc*, par MM. Joseph et Henri Vallot (in-8° de 49 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1895.

35614 — De MM. Gauthier-Villars et fils, Éditeurs. *Polarisation et saccharimétrie*, par Sidersky (petit in-8° de 152 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35615 — De M. E. Monet (M. de la S.). *Nouveau procédé de calcul des efforts supportés par les éléments d'une poutre droite à treillis chargée symétriquement et reposant sur deux appuis* (in-8° de 20 p.). Paris, Société des Ingénieurs Civils de France, 1895.

35616 — De M. Th. Marcelof. *Hypothèse cinétique de la gravitation universelle en connexion avec la formation des éléments chimiques*, par Jean Yarkowski (grand in-8° de 137 p.). Moscou, 1888.

35617 — *Station sanitaire des sources de Moïse à Suez (Égypte)*, construite par MM. A. Guétin et M. Charvaut (in-8° de 18 p. avec 1 pl.). Paris, Génie Civil, 1895.

35618 — Du Reale Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Atti del Reale Istituto d'Incoraggiamento di Napoli, 4. Série. Vol. VII.* Napoli, 1894.

35619 — Du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. *Conseil supérieur du travail. Cinquième session, Mars, 1895. Compte rendu des Séances.* Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35620 et 35621 — De United States Geological Survey, par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Fourteenth Annual Report of the United States Geological Survey of the Secretary of the Interior 1892-93. Part. I and Part. II.* Washington, 1894.

35622 à 35634 — *Encyclopédie de l'Architecture et de la Construction.* Directeur P. Planat (6 vol., 12 fascicules, et un volume de tables, format grand in-8°). Paris, Aulanier et Cie, 1893.

35635 — De M. Honoré (M. de la S.). *Les employés de commerce à Paris au point de vue social* (in-8° de 16 p.). Paris, Société d'Économie sociale, 1895.

35636 — De M. William Taussig, par M. E. Pontzen (M. de la S.). *The Saint-Louis Union Station. A Monograh by the Architects and Officers of the Terminal Railroad Association of Saint-Louis* (grand in-4° de 85 p. avec illustrations). Saint-Louis. 1895.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre 1895, sont :

Comme Membres sociétaires, MM.

M. Castelnau,	présenté par MM.	Clamens, A. Evrard, Zbyszewski.
J.-V. Lagache,	—	Coignet, Egrot, Grosselin.
R. Malbay,	—	L. Appert, A. de Dax, L. Rey.
A.-E. Simon,	—	J. Armengaud, de Dax, Guillon.
G. Spire,	—	Lecorbeiller, Mayer, Pontzen.
J.-F. Trantoul,	—	Carimantrand, J. Giraud, A. Mallet.
F.-J. Vallet,	—	Euchène, Gigot, Rouché.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 OCTOBRE 1895

PRÉSIDENCE DE M. J. CHARTON, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. J. CHARTON occupe le fauteuil de la Présidence et informe que M. L. Appert, empêché au dernier moment de se rendre à la séance, l'a prié de le remplacer.

Le procès-verbal de l'Assemblée générale du 2 août et celui de la séance du même jour sont adoptés sans observations.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part à la Société des trop nombreux décès survenus, parmi nos Collègues, depuis la dernière séance. Ce sont ceux de :

M. Barré, Frédéric-Henri, Inspecteur des travaux et de la surveillance à la Compagnie du Chemin de fer du Nord; membre de la Société depuis 1874;

M. Chennevière, Jules, successivement Ingénieur chez M. E. Badois et chez M. L. Grenthe, constructeur en fer et en dernier lieu chez M. J. Robin, entrepreneur de travaux de distribution d'eau, membre de la Société depuis 1887;

M. Duseaux, Adolphe, Industriel à Paris, membre de la Société depuis 1889;

M. Ferrand, Paul, ancien élève de l'École Supérieure des Mines de Paris, ancien Ingénieur à la Société de Construction des Batignolles, en dernier lieu Professeur à l'École des Mines d'Ouro-Préto (Brésil) où il a été successivement chargé du cours de mécanique et de construction et de celui de métallurgie et d'exploitation de Mines, il était membre de la Société depuis 1884;

M. Finol, Gabriel-Albert, ancien Ingénieur-Constructeur, membre de la Société depuis 1881;

M. de Fontenay, Tony, ancien entrepreneur de travaux publics, ancien Ingénieur en chef des Chemins de fer du Dauphiné et ancien Président de la Commission de l'Artillerie du département de l'Isère pendant la guerre 1870-1871, membre de la Société depuis 1850;

M. Goujon, Louis, Ingénieur du Gouvernement chilien, précédemment attaché à la Direction des Chemins de fer au ministère des Travaux Publics, membre de la Société depuis 1891;

M. Jantot, Jacques-Édouard, Ingénieur de la Chambre de Commerce de Rouen, précédemment Ingénieur aux forges et fonderies d'Ottange et chez MM. de Diétrich, à Metzviller, membre de la Société depuis 1873;

M. Lejeune, Charles-Émile, Ingénieur aux Chemins de fer de l'Ouest, ancien Ingénieur aux Chemins de fer du Midi, Chevalier de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1865;

M. Piérart, Camille, Directeur-Gérant des Hauts Fourneaux et Laminoirs de la Sambre à Haumont, précédemment Ingénieur aux Forges et Laminoirs de la Croyère, et Ingénieur Directeur-Gérant de la Société anonyme des Laminoirs à tôle de la Louvière, membre de la Société depuis 1892;

M. Simons, Charles, Industriel (fabrique de carrelages céramiques), au Cateau (Nord), membre de la Société depuis 1892;

M. Tweddell, Ralph-Hart, Ingénieur-Constructeur s'occupant principalement de travaux hydrauliques, membre de la Société depuis 1879;

M. Hacquard, Émile-Ernest, Ingénieur Civil, précédemment attaché à la maison Claparède de Saint-Denis, spécialement chargé de la construction des ponts à l'étranger) membre de la Société depuis 1879;

M. Barrau, Juan, Ingénieur associé de la maison de construction de MM. Plana, Flaquer et C^ie^ de Barcelone, membre de la Société depuis 1889;

M. Fauquet, Octave, filateur de coton et agriculteur, chevalier de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1872.

M. LE PRÉSIDENT se lève ensuite, et prononce les paroles suivantes :

« Enfin, Messieurs et chers Collègues, et certes, ce n'est pas sans une » certaine émotion que je me lève pour dire ici que, depuis peu de » jours, a disparu de ce monde le grand et illustre savant Louis PASTEUR.

» Nous étions heureux et bien fiers de voir son nom parmi ceux des » membres honoraires de notre Société (depuis 1884).

» La nouvelle de sa mort a eu en France, dans le monde entier, un » immense et douloureux retentissement.

» C'est que Pasteur par son génie, ses découvertes, est une des pures » et grandes gloires du siècle, et a été le bienfaiteur de l'humanité.

» Il faut des voix plus autorisées que la mienne pour retracer cette » grande et noble existence. Nous, Ingénieurs, nous l'avons suivie, pour » ainsi dire, pas à pas, avec autant de passion que d'admiration.

» Nous la connaissons et savons que par l'intelligence, le travail, la » volonté, l'esprit méthodique, les immenses services rendus, peu d'exis- » tences peuvent être comparées à la sienne.

» Si jamais un nom restera immortel, c'est bien celui de Pasteur. » La dernière découverte qu'il fit avec ses illustres collaborateurs en

» trouvant un remède contre la diphtérie, suffirait à elle seule pour lui » assurer à tout jamais l'éternelle reconnaissance de toutes les mères.

» Pasteur n'était pas seulement un grand savant, dans toute la haute » acception du terme, c'était aussi un grand patriote ; certains faits qui » étaient peu connnus, ont été répandus ces jours-ci dans la presse, et ont » montré dans quel superbe et fier langage, il a su exprimer en de » cruelles circonstances, son amour pour la Patrie.

» Comme Français, comme Ingénieurs membres de la Société des Ingé- » nieurs Civils de France, nous tiendrons tous à assister, demain, aux » funérailles nationales de Pasteur.

» En terminant, permettez-moi d'adresser, en notre nom à tous, à » Mme Pasteur, à M. J.-B. Pasteur et à toute sa famille, l'expression de » nos profondes et respectueuses condoléances. » *(Assentiment unanime.)*

M. le Président ajoute que, dès que la nouvelle de la mort de M. Pasteur s'est répandue à Paris, notre Président, M. L. Appert, se faisant par avance l'interprète des sentiments de la Société, a écrit, en notre nom, à Mme Pasteur pour la prier d'agréer l'expression de notre douloureuse sympathie et lui dire que le deuil qui l'a frappée nous a tous profondément atteints *(Approbation unanime)*.

Au sujet des funérailles nationales de M. Pasteur, M. le Président explique que M. de Dax s'est mis en rapport avec le Protocole et M. Bouvard qui lui a été adjoint pour l'organisation du cortège. A cause du grand nombre de délégations qui y figureront, il a été demandé qu'elles soient toutes formées d'un nombre très limité de personnes. Aussi n'a-t-il été envoyé officiellement d'invitations qu'aux membres du Bureau et du Comité. Cependant, il a été entendu que tous les membres de la Société qui désireront s'y rendre, pourront se joindre aux membres du Comité.

Le lieu de réunion pour la Société est devant la gare Montparnasse, à 10 heures très précises; la plus grande exactitude est recommandée aux membres ; car, à 10 heures un quart exactement, la délégation quittera la gare pour prendre sa place dans le cortège, sur le boulevard Montparnasse.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et distinctions suivantes :

M. Ladret a été nommé officier d'Académie;

M. Egrot a été nommé chevalier du Mérite agricole ;

M. du Bousquet, notre ancien Président, a été nommé grand officier de l'ordre impérial du Medjidié;

M. A. Rodrigue a été nommé commandeur de l'ordre impérial du Medjidié ;

M. E.-H. Boyer a été nommé commandeur de l'ordre de la Conception de la Villaviciosa;

M. Lumereaux a obtenu, conjointement avec son constructeur M. Maginot, un diplôme d'honneur et un prix de 200 *f* au concours de mécanique ouvert par la Société des Sciences et Arts de la Marne pour un nouveau type de moteur à vent créé par lui.

Enfin, ajoute M. le Président, un de nos plus éminents et anciens

Présidents, M. P. Buquet vient d'être nommé Directeur de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Il succède à M. le Sénateur F. Reymond qui a été aussi un de nos éminents Présidents, et qui n'avait accepté de remplir que pendant quelques années les fonctions de Directeur.

La nouvelle de la nomination de M. Buquet a été accueillie avec la plus vive satisfaction.

M. P. Buquet, par ses hautes qualités d'Ingénieur et d'Administrateur, ses connaissances approfondies sur toutes les questions touchant le Génie Civil, son dévouement infatigable à tous nos intérêts, son caractère si bienveillant, a su depuis longtemps conquérir l'amitié, la profonde estime de tous. La Direction de l'École Centrale ne pouvait être confiée en meilleures mains. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il croit être l'interprète des sentiments de la Société en adressant ses plus vives félicitations à M. Buquet et ses chaleureux remerciements à M. F. Reymond pour tout ce qu'il a fait et continuera à faire dans l'intérêt général de tous les Ingénieurs Civils. *(Vifs applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus par la Société depuis la dernière séance, liste qui sera publiée à la suite du procès-verbal. Il appelle spécialement l'attention sur le *Catalogue de la Bibliothèque de l'Institution of Civil Engineers*, en trois volumes, offert par cette Société; sur l'ouvrage de M. Émile Serrant, intitulé : *Applications de Chimie à l'Art militaire*, offert par les éditeurs, MM. E. Bernard et Cie, et sur l'ouvrage de MM. Léon Garnier et Paul Dauvert, avec introduction par M. Ph. Delahaye, intitulé : *les Concessions de gaz et d'électricité devant la Juridiction administrative*, offert par notre Collègue, M. Auguste Moreau, et dont il sera prochainement donné un compte rendu.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'il y aura le mois prochain, à Bordeaux, un Congrès sur les habitations à bon marché; notre Collègue, M. É. Cacheux, a bien voulu accepter de s'y rendre comme délégué de la Société.

Enfin, un Congrès de chimie appliquée se tiendra à Paris dans la première quinzaine du mois d'août 1896; MM. E. Derennes, Ch. Gallois, J. Garçon, P. Gassaud et P. Jannettaz sont désignés pour y représenter la Société comme délégués.

Il s'est tenu également à Bordeaux, en septembre dernier, un Congrès de l'enseignement technique, commercial et industriel; M. H. Rémaury y assistait comme délégué de la Société.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Compère pour le *Compte rendu d'un essai de consommation de vapeur*, fait à l'Exposition de Bordeaux, *sur une turbine Laval de 100 ch.*

M. Ch. COMPÈRE expose que, lors de ses opérations, en juillet dernier, le jury du groupe des industries mécaniques à l'Exposition de Bordeaux, dont il faisait partie, exprima le désir d'être éclairé par lui-même sur la consommation de vapeur de la turbine de Laval. La Société Philomathique fut avisée de ce désir et, comme dans la station centrale d'électricité de l'Exposition, il y avait une turbine de Laval de 100 *ch* et que le relevé de la consommation en était possible. M. Hausser, Président de

la Société Philomathique, n'hésita pas une fois de plus à montrer l'intérêt qu'il porte à toute les questions scientifiques et industrielles, et il demanda à ladite Société les fonds nécessaires pour l'installation des essais de la turbine de l'Exposition; une telle demande fait le plus grand honneur à l'initiative de la Société Philomathique et de son distingué Président, qu'il y a lieu de remercier ici d'avoir ainsi permis au public industriel de s'éclairer sur une utilisation aussi nouvelle et aussi intéressante de la force vive de la vapeur.

Avec les crédits votés par la Société Philomathique, on installa les dispositifs ordinaires pour mesurer la consommation de vapeur par l'alimentation à une chaudière spéciale.

Les essais eurent lieu en août et furent suivis par une commission composée des membres du jury présents à ce moment.

Il a été fait deux essais, l'un à charge normale de 100 *ch* et l'autre à une charge de 50 *ch*.

Les consommations de vapeur trouvées ont été :

	A charge normale.	A mi-charge.
Par kilowatt.	14,650	18,320
Par cheval électrique.	10,780	13,480
Soit, par cheval effectif utile. . .	9,160	10,820

en admettant les rendements 0,85 à pleine charge et 0,80 à mi-charge donnés par la maison Bréguet pour la dynamo en essai.

M. Compère complète ce résultat par celui qu'il a trouvé pour une turbine de 75 *ch* destinée à l'éclairage électrique des Magasins de la Place Clichy et qu'il a essayée dans les ateliers de la maison Bréguet.

Comme il était difficile de séparer une chaudière pour cet essai, la consommation a été mesurée par le jaugage de l'eau provenant d'un condenseur à surface affecté à la turbine en essai.

Toutefois, comme ce condenseur ne fournissait pas un bon vide, la maison Bréguet proposa de faire l'essai de la façon suivante : un premier jour, on ne mesurerait que la consommation de vapeur par le jaugeage de l'eau recueillie dans le condenseur à surface, et, un second jour, on mesurerait le travail électrique, la condensation étant obtenue par un condenseur à mélange donnant un meilleur vide.

Pour appuyer cette méthode, la maison Bréguet proposa de démontrer pratiquement à M. Compère, que, quel que soit le vide, la consommation de la turbine, non rapportée au travail, reste la même.

Pour le premier essai, qui dura trois heures, le vide, qui n'était que de 53 *cm* à la turbine, est tombé à 45 *cm* pendant la troisième heure; malgré cela, la consommation est restée la même pendant cette troisième heure que pendant les deux premières.

Pour le deuxième essai, le vide a atteint 63,28 *cm* et le travail électrique a été mesuré; la consommation est ressortie à 14,76 *kg* par kilowatt.

Ces deux résultats confirment ceux garantis par la Société de Laval et ils montrent que la consommation de vapeur des turbines restent dans les chiffres habituellement trouvés pour les machines à piston les plus économiques.

Cette conclusion avait déjà été formulée en 1869 par Zeuner dans sa *Théorie mécanique de la chaleur*.

L'essai de la turbine des Magasins de la Place Clichy confirme que le débit de vapeur ne dépend que de la pression de la chaudière et de la section des ajutages, et nullement de la pression à l'échappement; c'est au contraire de cette pression à l'échappement que dépend la force vive de la vapeur.

De plus, lorsque la turbine doit travailler à faible charge, pour la laisser dans ses limites économiques, on devra agir sur la section des ajutages et non, en étranglant la soupape de mise en route, sur la pression de la vapeur. Un essai, fait sur une turbine de 10 *ch* sans condensation par M. Vinçotte, ingénieur-directeur de l'Association belge des propriétaires d'appareils à vapeur, confirme ce dernier fait; la consommation, qui était de 22,4 *kg* à 9,91 *ch*, s'est élevée à 27,01 *kg* pour 6,66 *ch* et à 40,45 *kg* pour 3,36 *ch*, en étranglant la soupape de mise en route, la pression n'était plus que 4,72 *kg* et 3,26 *kg* à l'entrée dans la turbine.

En terminant, M. Compère fait remarquer que les consommations de vapeur de la turbine de Laval déjà très réduites, trouvées expérimentalement, pourront être encore abaissées lorsque les qualités des matières employées et les perfectionnements de la construction permettront d'augmenter la force centrifuge des disques sans dépasser les conditions de sécurité actuelles.

M. le Président remercie M. Compère de sa communication. Les résultats des essais dont il vient de rendre compte sont, en effet, fort intéressants, et la turbine de Laval paraît destinée à prendre une place importante parmi les appareils moteurs.

M. le Président profite de l'occasion qui lui est donnée pour se joindre M. Compère et adresser, au nom de tous ceux qui se sont rendus à l'Exposition de Bordeaux, ses remerciements à M. Hausser, Président de la Société Philomathique qui l'a organisée, et au distingué Secrétaire M. J. Avril, membre de notre Société. *(Applaudissements.)*

La parole est ensuite donnée à M. A. Lavezzari pour sa communication sur *les Tramways électriques à câbles souterrains*.

M. A. Lavezzari, après avoir rappelé en quelques mots la disposition générale d'une ligne de tramway électrique avec prise de courant continue sur conducteur, examine quelles sont les considérations qui peuvent conduire à faire choix du câble souterrain.

Une ligne de tramways urbains doit remplir trois conditions principales :

1° La sécurité du public;

2° Un aspect satisfaisant;

3° L'économie.

Les accumulateurs remplissent assez bien les deux premières conditions, quoique le poids des voitures les rende peu maniables. Mais, jusqu'ici, l'économie est assez douteuse.

Les conducteurs aériens satisfont à la première et à la troisième, mais il est incontestable que l'aspect laisse un peu à désirer, et qu'on ne sau-

rait les admettre dans les belles artères des grandes villes. Du reste, au point de vue de la sécurité du public, il y aurait bien quelques réserves à faire, car il peut facilement s'établir des communications avec la terre.

C'est ainsi que, par élimination, on se trouve amené à adopter, dans certains cas, le câble souterrain.

Il existe actuellement en Europe deux lignes de tramways ainsi établies : celle de Blackpool, la plus ancienne, du système de l'Ingénieur Holroyd Smith, et celle de Budapesth, du système Siemens et Halske, beaucoup plus importante comme étendue de réseau.

M. Lavezzari décrit les différents essais qui ont été faits avant d'arriver au type définitivement adopté à Blackpool ; cette ligne se présente dans des conditions assez défavorables ; établie le long de la plage de Blackpool, elle est exposée aux violentes tempêtes de la mer d'Irlande, et le canal qui renferme le conducteur électrique se trouve souvent rempli, en hiver, par le sable et l'eau de mer.

Quoi qu'il en soit, les résultats de l'exploitation ont été très satisfaisants. Dans la disposition actuelle, le courant d'aller est transmis par un câble rigide, de section circulaire, à un collecteur flexible relié au moteur ; le courant de retour se fait par les rails.

Le caniveau qui renferme le conducteur est placé entre les deux rails, dans l'axe de la voie ; des petits regards, ménagés de distance en distance et pourvus de couvercles mobiles, servent au nettoyage ; l'eau qui pénètre dans le canal se rassemble dans des petits puisards placés sous ces regards, et est rejetée à la mer au moyen de tuyaux de drainage.

Pour montrer combien l'exploitation d'une ligne de cette nature se prête aux trafics les plus variables, M. Lavezzari donne les chiffres de dépenses d'exploitation et de recettes pendant deux semaines différentes, l'une dans la morte-saison et l'autre dans la saison d'été.

Pendant la première, les recettes s'élèvant à 13 £ 5 s. ; les dépenses d'exploitation ont été de 28 £ 8 s.

Pendant la seconde, les recettes ont atteint 405 £ 8 s., et les dépenses n'ont monté qu'à 38 £ 3 s.

Les tramways de Budapesth présentent une grande analogie avec celui de Blackpool, mais le caniveau renferme deux conducteurs en forme de cornières, l'un pour le courant d'aller, l'autre pour le courant de retour, les rails de la voie n'étant parcourus par aucun courant. Le canal qui renferme les conducteurs est placé sous l'un des rails de roulement, de sorte que l'aspect de la voie, au niveau du sol, est exactement le même qu'une voie de tramway ordinaire ; cette disposition a donc l'avantage de supprimer la troisième rainure entre les deux rails.

Le nettoyage et l'évacuation des eaux se font à peu près comme dans le système précédent.

Comme résultats d'exploitation, M. Lavezzari cite les chiffres suivants, qui se rapportent à l'année 1894.

La recette totale, pendant cette année, a été de 2 444 000 *f*, et les dépenses de 1 541 000 *f*, dans lesquelles l'entretien du caniveau et la surveillance de la voie n entrent que pour 115 000 *f* environ, ce qui n'est pas exagéré.

En dehors de ces deux systèmes déjà employés en Europe, il en existe

encore d'autres ; l'orateur cite le système américain Love et le système Waller-Manville, dont il a vu un modèle en Angleterre ; bien que ce dernier ne soit pas encore appliqué, il est intéressant à étudier à cause d'une certaine particularité ; le conducteur, au lieu d'être rigide comme dans les autres systèmes, est souple, ce qui permet d'éloigner davantage les supports ; des dispositions ingénieuses assurent la tension du fil et son passage dans les courbes.

M. Lavezzari aborde alors la description du projet de tramway de Paris, allant de la place Cadet à la porte Montmartre, qui a été concédé à la Société des Études françaises et étrangères au printemps dernier.

L'équipement électrique sera du système Holroyd Smith, mais différera sensiblement de celui de Blackpool.

Les feeders seront renfermés dans un grand égout placé entre les deux voies où les hommes pourront circuler ; les conducteurs de contact seront placés sous un rail de chaque voie, abordables de l'intérieur de l'égout, ce qui permettra le nettoyage constant sans obstruer la circulation dans la rue.

Les rails ne seront parcourus par aucun courant, l'aller et le retour se faisant par les conducteurs ; ceux-ci sont reliés de distance en distance aux feeders et au moyen de commutateurs on pourra, en cas de besoin, isoler une portion de la ligne pour des travaux urgents.

Malgré le surcroît de dépenses, d'ailleurs peu considérable, occasionné par la construction de l'égout, il y a tout lieu de penser que le système employé à Paris sera le plus perfectionné à ce jour, et que l'économie réalisée sur l'entretien, et aussi sur le rendement, compensera cette dépense.

M. Lavezzari cite ensuite, comme un cas particulier de la traction avec prise de courant sur câble souterrain, le système qui consiste à avoir sur la chaussée même des « contacts » qui ne sont traversés par le courant qu'au moment du passage de la voiture ; tel le tramway établi par par M. Holroyd Smith à l'Exposition du cinquantenaire des chemins de fer, à Vincennes, et celui de MM. Claret et Vuilleumier à l'Exposition de Lyon. Enfin, M. Thévenet Leboul vient d'imaginer un système dans lequel le conducteur est renfermé dans un gros tube de caoutchouc rempli d'air sous pression. Au moment de son passage, la voiture aplatit le caoutchouc, ce qui produit le contact entre le conducteur et les taquets de prise de courant.

En terminant, M. Lavezzari exprime l'espoir que cette question, étudiée avec tant de soin sous les aspects les plus divers par des inventeurs de mérite, donnera des résultats de plus en plus pratiques et ne tardera pas à se répandre dans les grandes villes.

M. de Bovet demande à M. Lavezzari s'il ne pourrait pas fournir quelques indications sur le coût kilométrique des divers types de voie qu'il vient de décrire.

M. Lavezzari répond qu'il n'a de renseignements à ce sujet que pour le projet parisien, mais qu'il n'est pas autorisé à les communiquer ; pour tous les autres tramways construits on s'est renfermé dans un silence complet sur ce point, dans la crainte, disent les constructeurs,

de donner des chiffres qui ne seraient plus en rapport avec les perfectionnements prévus aujourd'hui.

M. LE PRÉSIDENT remercie très vivement M. Lavezzari de son intéressante communication et exprime le désir qu'il tienne la Société au courant des progrès que pourra réaliser l'industrie des tramways.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. R. Malbay, A.-E. Simon et G. Spire, comme membres sociétaires.

MM. M. Castelnau, J.-V. Lagache, J.-F. Trantoul et F.-J. Vallet sont reçus comme membres sociétaires.

La séance est levée à 10 heures et demie.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 OCTOBRE 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 4 octobre est adopté sous réserve d'une rectification en ce qui concerne la date du Congrès de l'enseignement technique, commercial et industriel, qui a été tenu à Bordeaux antérieurement à la dernière séance.

M. H. RÉMAURY dit qu'il a l'intention de rendre compte prochainement de ce congrès en même temps que de celui des habitations à bon marché, auquel il doit assister dans la même ville. Il ajoute que s'il s'était trouvé à la dernière réunion, il se serait associé aux remerciments adressés par M. Compère à M. Hausser, Président de la Société Philomathique.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs Collègues:

M. Darlot, Alphonse, membre, puis Président du Conseil municipal de Paris, Président du Conseil de surveillance des écoles professionnelles de la Ville, Constructeur d'appareils de géodésie, de physique et d'optique spécialement appliqués à la photographie, Chevalier de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1892;

M. de Mans, Benoist-François-Noël, Ingénieur-Constructeur, membre de la Société depuis 1874;

M. Fournier, Guillaume-Louis-Lucien, Ingénieur, fabricant de tulle à Calais, membre de la Société depuis 1880.

M. LE PRÉSIDENT se fait l'interprète des membres de la Société en exprimant les regrets que cause le décès de ces membres.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Bocquin, Jules-Émile, a été nommé officier du Cambodge et que la Société des Ingénieurs Civils de France a obtenu un grand prix à l'Exposition internationale de Bordeaux.

Enfin il annonce que sur les instances de M. le Ministre du Commerce il vient d'être institué par décret, sur la proposition de M. le Président du Conseil des ministres, une Commission extraparlementaire chargée d'*examiner les clauses et conditions des cahiers des charges des adjudications et marchés publics* et de donner son avis sur *les modifications à y apporter*.

M. le Président, en exercice, de la Société des Ingénieurs de France, et M. Delaunay-Belleville, Vice-Président, ont été nommés membres de cette commission.

D'après les intentions manifestées par les membres du Gouvernement le rôle de cette Commission sera d'une très grande importance; elle a été composée de manière à pouvoir mener à bonne fin son travail.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, et il signale spécialement un travail sur une des grandes gares de Saint-Louis (États-Unis). Cette publication fort intéressante nous a été remise par M. L. Pontzen de la part de M. W. Taussig, Président de la *Terminal Railroad Association*.

L'ordre du jour appelle le compte rendu, par M. Gassaud, de l'ouvrage de MM. Hérard et Ch. Sirey sur *Les Canalisations d'éclairage électrique (Documents officiels et jurisprudence)*.

M. P. GASSAUD rappelle que l'ouvrage dont il a à entretenir la Société lui a été offert il y a environ un an et que M. J. Charton, qui présidait ce jour-là, a demandé qu'il en soit rendu compte à la Société.

Il est dû à la collaboration de notre Collègue, M. F. Hérard, qui en a fait hommage à la Société et de M. Ch. Sirey, avocat à la Cour de Paris, bien connu comme arrêtiste.

Dans une préface très claire MM. Hérard et Sirey présentent leur travail au public comme un simple *Recueil de jurisprudence* précédé pour la commodité du lecteur des principaux documents officiels que doit avoir sous la main tout Ingénieur-Électricien, tout Administrateur ou Avocat-Conseil d'une Société d'éclairage électrique.

Ils indiquent brièvement la division de l'ouvrage et appellent particulièrement l'attention du lecteur sur les passages qu'il y a lieu de consulter d'une manière spéciale, décrets ou circulaires ministérielles, décisions de justice les plus importantes et qui, à défaut de lois spéciales sur cette question, sont appelées à fixer la jurisprudence en cette matière.

Les auteurs ne cachent pas dans leur préface quelles sont leurs préférences dans la lutte que l'électricité soutient actuellement contre le gaz; ce qu'ils désirent, c'est avant tout d'être utiles aux électriciens « en mettant en lumière toutes les décisions ou arguments qui pourraient être invoqués pour sa défense contre le gaz ».

Ce livre sera donc consulté avec le plus grand intérêt par tous ceux qui ont à s'occuper d'éclairage électrique; il sera, par contre aussi, d'une grande utilité pour ceux qui luttent contre l'électricité, c'est-à-dire pour les gaziers qui y verront quelle est la limite de leurs droits; il sera également très utile pour ceux qui, sans prendre part à la lutte, ont à s'occuper de ces litiges: administrateurs des communes ou des départements, avocats et magistrats administratifs ou judiciaires. Enfin, il ne sera pas

sans intérêt pour ceux qui s'occupent de distribution d'eau, dont le régime se rapproche beaucoup de celui des distributions de lumière.

Les auteurs expliquent combien sont fréquentes les difficultés qui naissent à ce sujet, et, par suite, quel est l'intérêt de la question, combien elle est d'actualité dès maintenant.

L'ouvrage est en réalité beaucoup plus complet que ne semblent l'indiquer les auteurs dans une préface trop modeste, et, à côté des questions se rattachant directement aux canalisations d'éclairage électrique, ils traitent rapidement, en passant, nombre de questions qui sortent un peu du cadre de ce livre, mais sont d'une utilité pratique réelle pour les électriciens.

Le travail est divisé en trois parties proprement dites, suivies d'un supplément et d'une table très complète, qui, en particulier, analyse d'une manière très développée tous les documents de jurisprudence compris dans la deuxième et dans la troisième partie, et qui rend, par suite, les recherches très faciles.

La **première partie** est réservée aux *documents officiels ;* elle comprend notamment le DÉCRET DU 15 MAI 1888 qui réglemente l'établissement et l'exploitation des conducteurs électriques destinés au transport de la force ou à la production de la lumière (1), et la CIRCULAIRE DU 15 AOUT 1893 adressée aux préfets par les ministres de l'Intérieur et des Travaux Publics qui modifie profondément pour l'avenir le régime des concessions d'éclairage et de distribution d'eau.

A l'avenir, les préfets ne pourront accorder sur les voies dont ils ont l'administration, dans l'intérêt exclusif de la circulation, au nom de l'État ou du département (routes nationales et départementales, chemins vicinaux de grande communication et d'intérêt commun), des permissions de voirie qui auraient pour résultat de permettre de faire concurrence aux concessionnaires des distributions municipales d'eau ou de gaz. Ces permissions, du reste, ne seront pas accordées au concessionnaire municipal lui-même, mais aux communes représentées par leur maire, avec faculté de les rétrocéder.

Cette circulaire a une importance capitale, car elle donne une extension considérable au monopole de fait dont jouissaient déjà, au point de vue de la distribution de l'eau ou de la lumière aux particuliers, les titulaires de concessions municipales d'éclairage ou de distribution d'eau.

Elle tranche une question de droit très délicate au sujet de la compétence des municipalités en matière de concession d'eau ou de lumière ; elle a été adressée aux préfets, conformément aux conclusions d'une Commission spéciale composée de conseillers d'État et de délégués des deux Ministères, et après avis conforme du Conseil d'État (sections réunies de l'Intérieur et des Travaux Publics).

(1) Postérieurement à la publication du volume a été promulguée la LOI DU 25 JUIN 1895 QUI ABROGE le DÉCRET DU 15 MAI 1888. Cette loi fixe les conditions nouvelles dans lesquelles doivent être établis les *conducteurs d'énergie électrique* autres que les conducteurs télégraphiques ou téléphoniques, et celles dans lesquelles il peut être imposé des modifications aux lignes existantes. Elle rend justiciables des conseils de préfecture, conformément aux dispositions du DÉCRET-LOI DU 27 FÉVRIER 1851, les contraventions à ses prescriptions comme à celles des *règlements d'exécution à intervenir*, et les punit d'amendes de 16 à 300 francs.

Le DÉCRET DU 30 AVRIL 1880 sur les chaudières à vapeur et les INSTRUCTIONS GÉNÉRALES sur l'établissement des appareils de lumière électrique, rédigées sous le patronage du syndicat professionnel des industries électriques, complètent utilement cette première partie.

La **deuxième partie** est consacrée aux décisions de la *juridiction administrative;* elle est divisée en deux sections : la première comprend les ARRÊTÉS DES CONSEILS DE PRÉFECTURE (juridiction du premier degré), et la seconde les ARRÊTS DU CONSEIL D'ÉTAT (juridiction d'appel).

Dans la **troisième partie** se trouvent les monuments de *jurisprudence civile et commerciale;* elle est aussi divisée en deux sections : la première contient les JUGEMENTS DES TRIBUNAUX DE PREMIÈRE INSTANCE et la seconde les ARRÊTS DES COURS D'APPEL et de la COUR DE CASSATION.

Enfin, un **supplément** contient l'analyse des décisions du Conseil d'État et de la Cour de Cassation rendues en matière de *concession d'eau ou de gaz* et qui peuvent PAR ANALOGIE intéresser *l'éclairage électrique.* Il est également divisé en deux sections : la première réservée aux ARRÊTS DU CONSEIL D'ÉTAT, la seconde aux ARRÊTS DE LA COUR DE CASSATION.

Comme les auteurs ont eu le soin de le faire remarquer, c'est la seconde partie qui est la plus importante, le lecteur y trouvera relatées les décisions intervenues dans les nombreux *procès intentés par les Compagnies de gaz aux municipalités*, procès dans lesquels les entreprises d'*éclairage électrique* ont souvent été mises en cause.

Bien que ce travail ne soit présenté par ses auteurs que comme un simple *recueil de jurisprudence* précédé de *documents officiels*, néanmoins par l'importance des commentaires ou critiques dont ils les ont fait suivre, l'ouvrage n'en constitue pas moins un véritable CORPS DE DOCTRINE sur la matière. En particulier, la question du droit pour les municipalités d'accorder à leur concessionnaire d'éclairage public un monopole de fait d'éclairage des particuliers est discutée d'une manière très complète et étudiée en s'appuyant sur la jurisprudence du Conseil d'État et de la Cour de Cassation, à défaut de loi spéciale régissant la matière.

Il y a lieu de mentionner, d'une manière spéciale, l'*arrêté du Conseil de préfecture de la Loire du 3 février 1888* et celui en sens opposé du *Conseil de préfecture de l'Allier du 2 avril 1890.* Ces deux décisions furent déférées au *Conseil d'État* qui, le *26 décembre 1891*, rendit *deux arrêts* qui firent grand bruit dans le monde des électriciens : l'un annulant l'arrêté du Conseil de préfecture de la Loire et l'autre confirmant la décision du Conseil de préfecture de l'Allier. Ces arrêts sont précédés des conclusions présentées par le Commissaire du Gouvernement M. Valabrègue, maître des requêtes au Conseil d'État.

A la suite de ces arrêts beaucoup de personnes pensèrent qu'il ne serait plus possible d'établir de distribution de lumière électrique dans les villes déjà pourvues d'une distribution de gaz si le cahier des charges ne réservait expressément cette faculté à la municipalité.

MM. Hérard et Sirey font voir qu'on a peut-être exagéré l'importance de ces arrêts du Conseil d'État qui, dans les deux cas, n'ont fait qu'interpréter une convention, sans statuer sur une question de principe.

A noter encore *l'arrêt du Conseil d'État du 2 février 1894*, et aussi les *arrêts de la Cour de Cassation des 27 juillet et 3 août 1893*, qui ont égale-

ment une très grande importance, car ils établissent que lorsqu'un maire a autorisé un électricien à établir une distribution d'électricité, soit par un arrêté, soit même tacitement en tolérant la pose des fils au-dessus des voies dépendant du domaine communal, il ne peut retirer cette autorisation en se basant sur l'intérêt de la commune même lorsqu'elle a été condamnée à cause de cela à des dommages-intérêts vis-à-vis du concessionnaire de l'éclairage au gaz.

A noter en passant un *arrêt de la Cour d'Appel de Lyon* du 4 juillet 1890, bien qu'il sorte un peu du cadre de l'ouvrage, qui établit qu'une Société d'éclairage électrique est une Société commerciale quoique constituée sous la forme de Société civile (1); le *jugement du Tribunal de Saint-Amand* du 28 octobre 1891 confirmé par *arrêt de la Cour de Bourges* du 6 avril 1892, qui établit qu'une Société gazière ne peut, si ses statuts ne l'y autorisent, adjoindre l'éclairage électrique à l'éclairage au gaz même avec l'assentiment presque unanime de l'Assemblée générale extraordinaire des Actionnaires; enfin un *jugement du Tribunal de Compiègne* du 19 décembre 1888 qui établit qu'une Compagnie d'électricité ne peut faire passer ses fils au-dessus du terrain d'un propriétaire sans son assentiment même lorsqu'ils n'y prennent aucun appui.

M. Gassaud termine en disant que la lecture de ce livre suffira pour empêcher bien des procès. Il dit qu'il y a lieu de remercier notre Collègue, M. Hérard, d'en avoir fait hommage à la Société, à la bibliothèque de laquelle il sera utilement consulté, et d'adresser des félicitations aux auteurs, M. F. Hérard et son collaborateur M. Ch. Sirey, dont le nom fait, du reste, autorité en jurisprudence.

M. le Président remercie M. P. Gassaud du compte rendu qu'il a bien voulu faire pour la Société d'un ouvrage plein d'intérêt, non seulement pour les électriciens, mais encore pour un très grand nombre d'ingénieurs et il associe, au nom de la Société, ses remerciements à ceux que M. Gassaud a exprimés à notre Collègue M. F. Hérard.

M. Auguste Moreau a la parole pour son analyse de l'ouvrage de MM. Garnier et Dauvert sur *les concessions de gaz et d'électricité devant la juridiction administrative*, et s'exprime ainsi :

Nous sommes particulièrement heureux de présenter ce soir à nos Collègues un excellent ouvrage qui mérite mieux que de passer inaperçu dans notre bibliothèque, et qui est l'œuvre de deux hommes fort distingués bien connus de la plupart d'entre nous : MM. Léon Garnier, chef de division à la Préfecture de la Seine, et Paul Dauvert, Secrétaire greffier du Conseil de Préfecture de la Seine. Une préface de M. Delahaye, le spécialiste bien connu en tout ce qui touche les questions de gaz et d'éclairage, n'est pas le moindre attrait de ce travail qui a pour titre : *Les Concessions de gaz et d'électricité devant la juridiction administrative.*

Comme l'explique en fort bons termes M. Delahaye, dans son intro-

(1) C'est la nature des opérations d'une Société qui sert à déterminer son caractère civil ou commercial et non la qualification que les parties ont jugé à propos de lui donner, et ce, sans préjudice des dispositions récentes de la loi sur les Sociétés (*loi du 1er août 1893*, art. 68), qui décide que, quel que soit leur objet, les Sociétés en commandite ou anonymes constituées sous la forme commerciale seront commerciales et soumises aux lois et usages du commerce.

duction, les progrès gigantesques réalisés par l'électricité dans ces dernières années en ont fait un élément puissant d'éclairage et un concurrent redoutable pour le gaz, qui avait à peu près le monopole de cette industrie, au moins comme éclairage public.

Devant ces progrès incessants, en effet, les municipalités cherchèrent à obtenir des anciennes Compagnies gazières des concessions que celles-ci, naturellement, refusèrent désespérément, se basant sur des contrats réguliers qui avaient encore un certain nombre d'années à courir.

Les arguments des adversaires du gaz étaient d'ailleurs encouragés, si ce n'est justifiés, par les progrès constants réalisés dans la fabrication de ce produit dont le prix de revient est loin d'être aujourd'hui aussi élevé qu'à l'origine, quand ont été établis les susdits contrats. Les consommateurs pensaient donc légitimement pouvoir réclamer une partie des bénéfices qui en résultaient, s'appuyant sur ce que les bases mêmes de l'entente avaient varié et que, par conséquent, cette entente n'existait plus, du moins dans la lettre absolue de son texte.

Tout le monde se rappelle les discussions intéressantes qui eurent lieu à ce sujet entre le Conseil municipal de Paris et la Compagnie Parisienne du Gaz et qui ont si fort ému l'opinion à un moment donné.

Les Commissions quinquennales de la Ville nous initiaient à tous les détails de la fabrication moderne et il était facile d'en conclure les bénéfices réellement très importants réalisés par la Compagnie. Mais celle-ci répondait que son traité était absolument ferme et que si la science et le talent de ses ingénieurs lui avaient permis de réaliser des progrès dans sa fabrication, et de tirer de ce fait des avantages particuliers, il n'y avait là rien d'anormal et il était bien juste qu'elle en profitât.

Nous n'avons certes pas l'intention de prendre parti dans la question, et ne rappelons ces faits que pour montrer l'intérêt que peut présenter un livre comme celui-ci, donnant tous les arrêtés des Conseils de préfecture et les arrêts du Conseil d'État, concernant les questions de gaz et d'électricité pendant soixante-dix années consécutives, de 1823 à 1894.

Dans ces dernières années surtout, les procès resultant de la situation que nous avons signalée plus haut, furent très nombreux et précisément en grande partie faute d'avoir des textes formels, des arrêtés bien nets, une jurisprudence franchement établie, qui permit aux intéressés de se renseigner à l'avance, au lieu de s'engager un peu en aveugles, et avec incertitude, dans une action dont l'issue pouvait être douteuse ou même, dans certains cas, se retourner contre ses auteurs.

Voilà pourquoi cet ouvrage est appelé à rendre et a déjà rendu de très grands services et méritait d'être signalé à une assemblée compétente, comme celle de la Société des Ingénieurs Civils de France.

La plupart des arrêtés ou arrêts reproduits dans ce volume sont d'ailleurs extraits, avec les sommaires, les solutions et les notes, du *Recueil de jurisprudence des Conseils de Préfecture*, publié depuis 1876 sous les auspices du Conseil de Préfecture de la Seine, par les soins de MM. Garnier et Dauvert. Le présent volume n'est qu'un triage, dans cette encyclopédie d'actes de justice de toutes sortes, de ceux qui intéressent plus directement les gaziers, les électriciens, et toutes les personnes qui ont affaire à ces deux industries spéciales.

C'est dire, en même temps, qu'une analyse d'ensemble de ce très utile recueil est absolument impossible à faire et qu'il faut seulement le posséder pour le consulter au besoin, comme la meilleure encyclopédie traitant de ces questions spéciales.

Nous signalerons cependant, d'une manière particulière, le cadre très pratique de l'ouvrage, partie fort intéressante dans un travail de ce genre, où la facilité des recherches doit être la plus grande préoccupation des auteurs. On comprend, en effet, que si cette partie est négligée, il peut être fort difficile de s'y reconnaître et même de tirer tout le parti possible d'un pareil livre.

Or, le cadre est ici absolument méthodique et approprié aux besoins ; les arrêtés sont classés par départements eux-mêmes rangés par ordre alphabétique, et dans chaque chapitre, renfermant ainsi toutes les affaires concernant le même département, celles-ci sont également classées alphabétiquement d'après le nom des villes et communes où se sont présentés les litiges.

Il y a déjà là une excellente base qui permet de s'y retrouver immédiatement, pour ainsi dire rien qu'en mettant le livre en mains. Mais, de plus, les recherches sont encore facilitées par trois tables détaillées placées à la fin du volume.

La première est un répertoire chronologique des décisions prises par les tribunaux compétents, c'est-à-dire le Conseil d'État et les Conseils de Préfecture ; on passe ainsi du 10 septembre 1823 (affaire Guyot-Walkenaer et autres contre la Compagnie Pauwels à Paris), au 9 mars 1894 (affaire Daubard contre la Compagnie Parisienne du Gaz, à Vitry-sur-Seine).

La seconde est une table des départements, des villes et des communes cités plus haut, et des noms des parties ; tous ces noms sont classés par ordre alphabétique.

Et enfin une troisième, également alphabétique, est une table des matières, c'est-à-dire un nouveau répertoire donnant en deux mots le sujet qui fait l'objet du jugement comme : abaissement du prix du gaz, cessation d'abonnement, minimum de consommation annuel garanti, etc., etc.

Comme on le voit, tout cela est parfaitement coordonné et constitue un exemple que les auteurs feraient bien d'imiter pour la commodité de leurs lecteurs et la popularité de leurs livres. Nous pensons donc être l'interprète de la Société en adressant, avec nos félicitations, nos sincères remerciements à MM. Garnier et Dauvert pour le don si précieux qu'ils ont bien voulu faire à notre bibliothèque.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il joint ses remerciements à ceux que M. A. Moreau vient d'adresser aux auteurs et qu'il remercie également M. Moreau de l'analyse qu'il en a donnée à la Société. Cet ouvrage complète, à certains égards, celui dont M. Gassaud vient de rendre compte.

La parole est ensuite donnée à M. P. Jannettaz pour son compte rendu du *Congrès tenu à Bordeaux par l'Association française pour l'Avancement des Sciences, en 1895*.

M. P. JANNETTAZ dit que le Congrès tenu par l'Association française

pour l'Avancement des Sciences, au commencement du mois d'août 1895, a été très suivi ; il a, en effet, réuni plus de huit cents adhérents. Il a été présidé par notre Collègue et ancien Président, M. E. Trélat, qui a prononcé, à la séance d'inauguration, un très remarquable discours. Il a d'abord rappelé que c'était à Bordeaux qu'en 1872 avait eu lieu le premier Congrès de l'Association alors naissante, aujourd'hui si prospère; il a retracé le développement de celle-ci sous la direction des savants éminents qui ont été appelés à la présider, puis il a pris pour sujet la *Salubrité* et en a exposé les principes en comparant deux villes fictives, l'une Hygie, la ville saine établie suivant toutes les prescriptions de l'Hygiène, l'autre Noson, la ville insalubre où les maladies ravagent sans cesse la population.

M. Jannettaz lit de nombreux passages de ce discours qu'il regrette de ne pouvoir faire connaître en entier, puis il rend compte d'une séance générale tenue sous la présidence de M. le Professeur Gariel, Secrétaire général du bureau de l'Association, pour examiner *la réforme de la bibliographie scientifique*. Cette importante question avait été étudiée par une Commission qui avait chargé M. le docteur Cartaz, Secrétaire du bureau de l'Association, de rédiger un rapport. Les conclusions de ce rapport ont été adoptées par les membres présents à la séance générale et plus récemment encore par la Conférence internationale de bibliographie qui s'est tenue à Bruxelles et a eu, comme on sait, un résultat considérable : la fondation, par un arrêté du roi de Belgique, d'un Office international de bibliographie.

Le Congrès de Bordeaux, qui se proposait, comme l'avait dit M. A. Cartaz dans son rapport, de marquer une première étape dans la voie de la réforme bibliographique, a donc vu se réaliser pleinement ses espérances. Les points dont il s'est occupé sont relatifs aux titres des ouvrages et communications, aux indications bibliographiques et aux tirés à part, dans le but surtout de faciliter l'établissement des tables des matières et des fiches bibliographiques que dressent les grandes bibliothèques, de façon que les chercheurs, qui veulent étudier tout ce qui a été fait sur un sujet, aient la certitude de trouver à une rubrique précise les documents qu'ils cherchent. Les décisions relatives aux titres sont particulièrement faciles à observer. Il a été décidé que les titres doivent être aussi brefs que possible ; que, de plus, il faut y mettre en évidence le ou les mots importants ; après l'étude d'un grand nombre de combinaisons, on s'est arrêté au système suivant : les mots principaux seront soulignés par un trait, un demi-trait ou un point, suivant leur importance.

M. Jannettaz parle ensuite de l'Assemblée générale qui a terminé le Congrès, et où M. Trélat a cédé le fauteuil présidentiel à son successeur M. Dislère, conseiller d'État, ancien Ingénieur de la marine ; puis il présente le compte rendu des travaux des 3me et 4me sections *(Génie civil et militaire et Navigation)*. Ces sections étaient présidées par M. Baysselance, ancien Ingénieur de la marine.

La question de la *Traction mécanique des tramways* y a été particulièrement discutée. Elle avait été mise à l'ordre du jour à la suite d'un rapport de M. P. Regnard, que notre Collègue a fait lui-même connaître à

la Société en rendant compte du Congrès tenu à Besançon en 1893. Cette année, M. Guibert, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Bordeaux, s'était chargé du rapport qui devait servir de base à la discussion et où il avait très bien ordonnancé les diverses questions à traiter. Notre Collègue, M. Francq, a examiné successivement chacune d'elles, puis il a donné sur quelques points spéciaux des développements dont on trouvera le résumé dans un récent procès-verbal de la Société. M. Mekarski a considéré la question au triple point de vue de l'intérêt des voyageurs, des compagnies et des municipalités. Un point spécial relatif à la traction mécanique des tramways a été étudié par M. Denizet, Ingénieur des Ponts et Chaussées : c'est la *limite de la déclivité pour les tramways urbains à adhérence.*

La traction mécanique des bateaux a également occupé la section. En effet, M. Guérassimoff, Ingénieur russe, a parlé de *la traction des bateaux par câble flottant*, au moyen d'un système de son invention.

Une étude, dont les circonstances augmentaient encore l'intérêt, sur les *travaux du port de Bordeaux*, a été faite par M. Crahay de Franchimont, Ingénieur en chef du port.

Notre Collègue, M. Chaudy, a développé un projet dont il avait déjà parlé dans le Bulletin de notre Société sur *l'utilisation de la charrue en temps de guerre.*

M. Nivet s'est occupé des *Essais des matériaux de constructions autres que les métaux;* il a présenté un appareil de son invention permettant de réaliser ces essais et a insisté sur l'utilité de réformer les coefficients de sécurité actuellement adoptés.

M. Jannettaz, après avoir fait connaître les résumés de ces communications, cite les autres études soumises aux 3e et 4e sections et notamment celle de M. Demerliac sur un *Nouveau moteur compound* et celle de M. Georgel sur l'*Alternateur Cail-Helmer*. Puis il insiste sur une étude d'un intérêt tout spécial, due à M. Poisson, assistant de botanique au Muséum d'histoire naturelle. Ce savant a proposé à la section du Génie Civil, qui l'a remercié et l'a prié de réaliser sa promesse aussitôt que possible, de lui fournir des renseignements sur la *Consolidation des talus par la végétation et l'entretien des haies.* M. Jannettaz, à qui M. Poisson a bien voulu confier son manuscrit, indique les grandes lignes de ce travail, où toutes les plantes propres au but indiqué sont étudiées suivant la nature du sol et du climat. Il dit que ceux de nos Collègues que cette question intéresse particulièrement pourraient demander des renseignements à M. Poisson, qui serait tout disposé à les faire profiter de son expérience de la botanique et de la culture.

Il passe ensuite à la section de *Physique*, où il y a aussi un grand nombre de travaux à citer, notamment l'*Étude expérimentale des cordes*, par M. Cornu, membre de l'Institut, et les communications de M. Zenger, professeur à l'École Polytechnique de Prague, dont les notes sur les relations qui existent entre les tremblements de terre et les phénomènes météorologiques sont de nature à intéresser ceux des membres de la Société, ayant pris part à la discussion qui a eu lieu sur les tremblements de terre.

Notre Collègue, M. Henry Lepaute, a, dans une visite à l'Exposition, présenté plusieurs horloges ayant des dispositions nouvelles. Un autre Collègue, M. Hardy, a fait part de ses travaux sur l'analyse des gaz, au moyen du forménophone, dont il doit lui-même entretenir la Société. Enfin, M. Jannettaz a fait une communication dont il demande la permission de dire quelques mots en passant. Poursuivant les recherches sur *la Dureté*, qu'il a exposées précédemment devant la Société, il a étudié plus spécialement les corps cristallisés et les matières vitreuses au moyen du scléromètre déjà décrit et d'un nouvel appareil donnant la résistance à l'user, d'où son nom d'*usomètre;* cet appareil permet, malgré sa simplicité, d'obtenir pour les résultats la certitude et la précision. En collaboration avec notre Collègue M. Goldberg, il a étudié une série de verres de différentes époques qui leur avaient été remis par notre Président, M. L. Appert, et de nombreux émaux pour faïence fine.

M. Jannettaz regrette d'être obligé de passer très rapidement sur la section de *Chimie*, puis sur celle d'*Économie politique*. Dans cette dernière, il signale la discussion qui a eu lieu sur *les Brevets*. Notre Collègue M. Casalonga, qui avait entretenu la section de mathématiques du phénomène des marées, a présenté une communication sur les brevets; M. Vauthier, ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, a également traité ce sujet. M. Casalonga a défendu les brevets contre M. Joseph Martin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite. La question de l'examen préalable a été discutée par M. Casalonga et par M. Em. Alglave, professeur à l'École de Droit.

La section d'*Hygiène* a été très suivie ; elle s'est occupée de nombreuses questions d'hygiène industrielle, notamment des intoxications dans l'industrie, et plus spécialement du saturnisme.

Il y aurait encore, outre beaucoup d'autres travaux présentés aux sections, à parler des intéressantes visites industrielles et des excursions agréables qui ont eu lieu pendant le Congrès. Mais M. Jannettaz craindrait, en prolongeant cet exposé de sujets si divers, de fatiguer l'attention de l'assemblée. Il veut seulement dire en terminant que l'élection à la Présidence de la section du Génie civil de notre Collègue M. Grosseteste assure à celle-ci, pour le Congrès de 1896 à Tunis, une prospérité égale à celle du Congrès de Bordeaux.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Jannettaz de sa très intéressante communication qui a mis au courant la Société des travaux présentés au Congrès de la Société pour l'avancement des sciences à Bordeaux. Il félicite particulièrement M. Jannettaz pour ses travaux personnels, qui présentent un sérieux intérêt pratique par les résultats qu'il a déjà obtenus, et, puisqu'il continue ses recherches, il espère qu'il voudra bien tenir la Société au courant de leur résultat.

M. G. HART a la parole pour son compte rendu des *essais du torpilleur de haute mer* FORBAN.

Il y a quelques jours, la presse s'est beaucoup occupée des essais du *Sokol*, contre-torpilleur construit pour la Russie par la maison Yarrow, de Poplar (Angleterre) ; mais, à part un ou deux journaux techniques, aucune feuille n'a fait allusion aux essais encore plus brillants du tor-

pilleur le *Forban*, construit pour la marine française par M. A. Normand, notre éminent Collègue.

Il est donc intéressant de revenir sur ces essais et de rechercher les causes principales de ce succès de l'industrie française.

C'est, en effet, la première fois qu'on obtient pratiquement une vitesse de plus de 31 nœuds. A la vérité, certains yachts américains avaient déjà obtenu cette vitesse, mais sur de très faibles parcours ; encore ces petits navires étaient-ils aussi célèbres par leurs avaries que par leur vitesse.

Il a fallu l'apparition des torpilleurs pour conduire à l'étude approfondie des conditions à réunir pour obtenir de la vitesse. L'évolution, commencée en 1876 par l'apparition du yacht à grande vitesse *Gitana*, construit par Thornycroft pour la baronne de Rothschild, s'est continuée méthodiquement, chaque année amenant un nouveau perfectionnement et par suite un accroissement de vitesse. Dans ces dernières années les progrès ont été considérables, et après avoir atteint successivement 26, 27, 28 et 29 nœuds, les torpilleurs ont donné 30,285 nœuds avec le *Sokol* et 31,029 nœuds avec le *Forban*.

C'est donc l'industrie française qui, pour le moment, tient la tête dans cette lutte pour la vitesse, et il n'est pas douteux qu'elle ne sache maintenir le rang qu'elle vient de conquérir si brillamment.

Au premier abord, la supériorité du *Forban* sur le *Sokol* paraît assez faible (0,744 nœuds), mais il n'en est plus de même si on considère la grandeur de ces deux navires. Le *Sokol* jauge, en effet, 260 *tx*, pendant que le *Forban* n'en jauge que 125 *tx*. De plus, le rapport du poids d'armement au déplacement total ressort à $\frac{16}{125} = 0{,}128$ sur le *Forban*, tandis qu'il n'est que de $\frac{30}{260} = 0{,}115$ sur le *Sokol*, bien que les échantillons du *Forban* soient beaucoup plus forts que ceux du *Sokol* qui, construit en acier-nickel, a pu être sensiblement allégé.

En résumé, le *Sokol* est un navire beaucoup plus puissant que le *Forban*, et le succès de ce dernier est d'autant plus remarquable.

Le *Forban* a les mêmes dimensions que le *Chevalier*, dont notre Collègue, M. de Dax, nous a entretenus dans la séance du 20 avril 1894 (1). Comme lui, il est mû par deux machines à triple expansion à trois cylindres. Ces machines développent une puissance maximum d'environ 3 700 *ch*, et commandent deux hélices tournant dans le même sens. La vapeur est fournie par deux chaudières seulement, du type Normand, chaque chaudière correspondant à la puissance maximum, à 1 700 *ch*, chiffre qu'on obtient, croyons-nous, pour la première fois.

Les machines du *Forban*, comme celles du *Chevalier*, sont munies de tous les accessoires perfectionnés imaginés par M. Normand, tels que filtres et réchauffeurs d'alimentation, purgeurs automatiques, etc. Les tubes des condenseurs sont cintrés pour éviter la poussée sur les plaques tubulaires dans lesquelles ils sont mandrinés.

Les essais du *Forban* ont compris deux séries de trois parcours, sur

(1) Voir *Bulletin d'avril* 1894, pages 401 et suivantes.

la base officielle de Cherbourg, séparées par une heure de parcours en route libre. La vitesse, pendant ce dernier essai, a été déduite du nombre de tours moyen et de l'avance moyenne par tour pendant les deux séries d'essais sur la base.

Pour chacune de ces dernières, l'avance moyenne était déterminée en faisant entrer dans le calcul l'avance moyenne du parcours milieu pour le double de sa valeur.

Comme il a été dit plus haut, la vitesse moyenne du parcours en route libre a atteint 31,029 nœuds. A cette vitesse, la consommation de combustible a été de 2 695 *kg* par heure, et la puissance développée d'environ 3 700 *ch*.

Les essais de consommation ne sont pas encore terminés, mais on compte sur une consommation de 0,800 *kg* par cheval et par heure, à toute puissance, pour les vitesses inférieures à 15 nœuds ; on espère même qu'elle tombera au-dessous de 0,500 *kg*.

Une des principales causes du succès du *Forban* a été la suppression presque complète des vibrations, celles-ci occasionnant une perte de vitesse très sensible, par suite de l'impossibilité où on se trouve d'utiliser toute la puissance des machines sans fatiguer la coque et le personnel outre mesure.

Un des exemples les plus frappants de l'importance que peuvent prendre les vibrations, et de la perte de vitesse qu'elles peuvent causer,

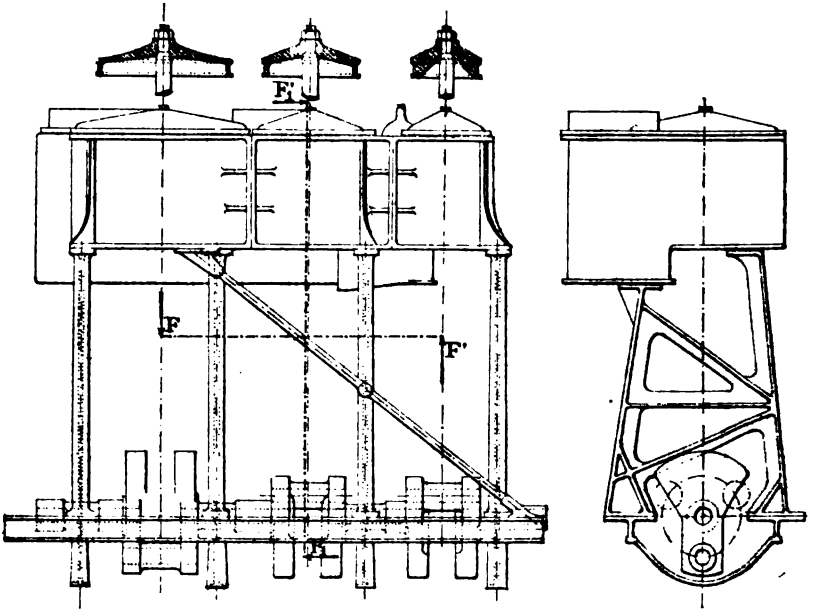


Fig. 1.

est l'insuccès de la série des canonnières-torpilleurs anglais, type Sharpshooter, pour lesquels l'Amirauté a dû renoncer aux 4500 *ch* disponibles en acceptant une réduction de vitesse de 2 nœuds.

Les vibrations ont, d'ailleurs, d'autres inconvénients graves : elles produisent le déréglage des torpilles, donnent de l'incertitude au tir, et infligent aux équipages une fatigue telle que ceux-ci sont incapables de supporter une croisière, même très courte, dès qu'il y a un peu de mer.

Il y a donc un très grand intérêt à les supprimer, ou tout au moins à les réduire au minimum. M. Normand y est parvenu, à la suite d'études approfondies, en égalisant le poids des pièces en mouvement pour les différents cylindres, en équilibrant les manivelles motrices et les têtes de bielles qui y aboutissent à l'aide de contrepoids, et enfin en empêchant les déformations du bâti par des liaisons diagonales, tout en le reliant solidement aux carlingues d'une part et à la charpente du pont, convenablement renforcée, de l'autre *(fig. 1)*.

L'égalité de poids des différents pistons et pièces en mouvement annule, en effet, comme M. Normand l'a démontré mathématiquement, les forces d'inertie de ces organes et détruit, par suite, leurs effets, qui tendent périodiquement à appuyer sur la coque ou à la soulever.

Dans une machine à pistons de poids différents, les efforts d'inertie développés ne sont pas, en effet, négligeables. En soumettant au calcul une machine de la force de celle du *Chevalier*, M. Normand est arrivé aux chiffres suivants :

	Manivelle		Différence	
	En haut.	En bas.	Absolue.	0/0.
	kg	*kg*	*kg*	*kg*
Cylindre à haute pression . . .	4 700	3 000	1 700	57
Cylindre à moyenne pression. .	5 400	3 400	2 000	59
Cylindre à basse pression . . .	7 000	4 500	2 500	56

L'intensité de ces efforts tient en grande partie aux vitesses de piston employées aujourd'hui, et leur différence, suivant que la manivelle est en haut ou en bas, à la faible longueur de la bielle motrice.

Bien que ces efforts s'équilibrent en partie, par suite de la position des manivelles à 120°, la portion non équilibrée occasionne des vibrations dont l'intensité est variable avec la vitesse.

Celles-ci sont réduites dans une très forte proportion si le poids des pièces en mouvement est le même pour les différents cylindres ; mais, même dans ce dernier cas, il se forme un couple vertical dont le plan, légèrement variable, passe à très peu près par l'axe longitudinal de la machine, et dont le bras de levier est précisément la distance des cylindres extrêmes.

Ce couple peut être équilibré, comme l'a fait M. Normand, par un couple horizontal de même moment créé par des liaisons horizontales du bâti avec les carlingues et la charpente du pont.

Ces dispositions ne seraient cependant pas suffisantes s'il pouvait, par suite de déformations des bâtis, se produire des variations de pression sur les divers points de la base d'appui. C'est pour empêcher ces déformations que M. Normand a imaginé les liaisons diagonales.

Comme on le voit, l'ensemble du système est indispensable pour supprimer ou tout au moins réduire fortement les vibrations. Ces disposi-

tions ont bien été jusqu'ici partiellement employées, mais elles ont été le plus souvent inefficaces parce qu'elles n'étaient pas complètes.

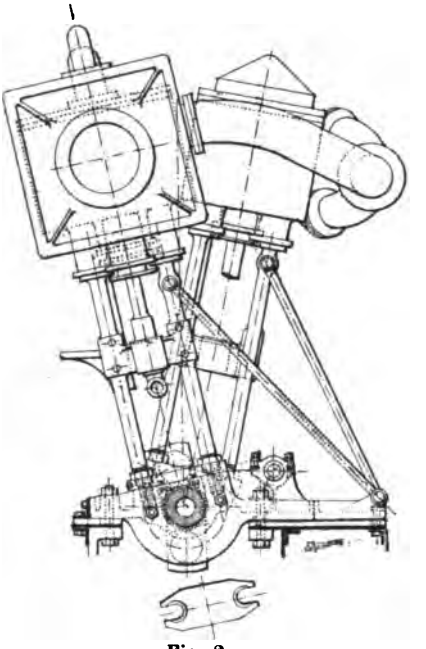


Fig. 2.

Il est regrettable de ne pouvoir les comparer à celles employées par M. Yarrow sur le *Sokol*, mais ces dernières ne sont pas encore connues. On peut cependant rapprocher le système adopté par M. Normand de celui employé sur le *Daring* par MM. Thornycroft.

Ce contre-torpilleur, qui a 56 *m* de long et jauge 240 *tx*, a atteint sur un parcours la vitesse de 29,26 nœuds, mais sa vitesse moyenne est de 28,23 nœuds seulement avec une puissance de 4 700 *ch* et 390 tours. Les trois chaudières qui fournissent la vapeur sont du système Thornycroft; elles ont 720 m^2 de surface de chauffe et 20 m^2 de surface de grille et sont placées, deux en avant et une en arrière de la machine. La pression a atteint 17 *kg* aux essais.

La disposition des machines à triple expansion est très originale *(fig. 2 et 3)*. Les quatre cylindres, qui ont un diamètre de 0,475 *m* pour le cylindre

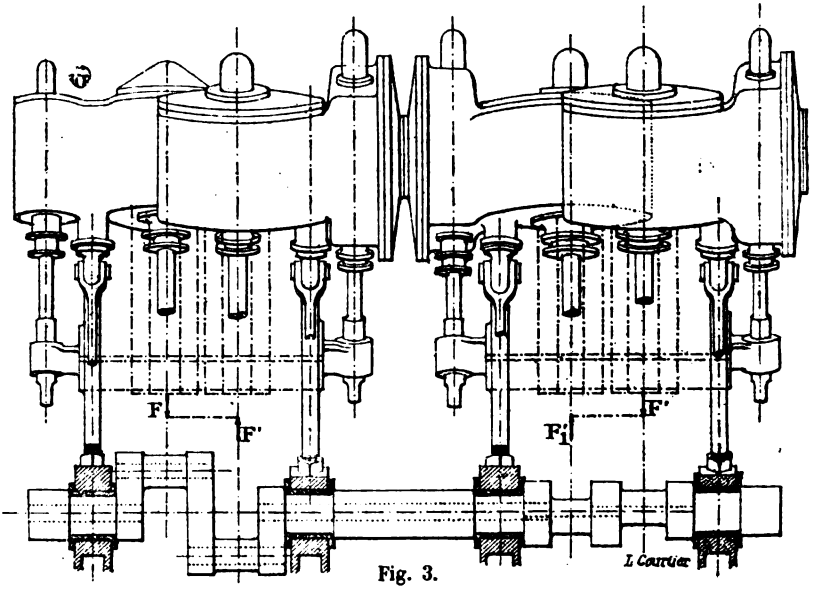


Fig. 3.

HP, 0,675 *m* pour le cylindre MP et 0,675 *m* pour chacun des deux cylindres BP, sont divisés en deux groupes pour chaque machine, le premier comprenant les cylindres HP et MP, le second les deux cylindres BP. Dans chacun de ces groupes, les deux cylindres sont inclinés de part et d'autre de la verticale d'environ 12°, de manière à pouvoir rapprocher les deux manivelles autant que possible en supprimant le palier intermédiaire.

Les colonnes supports des cylindres, au lieu d'être placées comme à l'ordinaire à l'avant et à l'arrière de ceux-ci, sont placées presque dans l'axe des machines et leur partie inférieure forme les boulons de fixation des chapeaux de paliers *(fig. 2)*. Ces colonnes supportent ainsi presque directement les efforts développés entre les cylindres et l'arbre, ce qui a permis de réduire les échantillons de la plaque de fondation. Chaque colonne est munie à sa base d'un coin de serrage permettant de remédier à l'ébranlement du filet *(fig. 4)*. Leur tenue est encore consolidée par une entretoise transversale portant le guide de tige du tiroir, et longitudinalement, par une cornière en acier moulé recevant l'extrémité inférieure des glissières de tête de piston. Outre ces entretoises, des liaisons obliques, partant de la plaque de fondation, viennent encore maintenir les cylindres.

Fig. 4.

En raison de l'inclinaison de ces derniers, les manivelles de chaque groupe sont calées à 180° — 24° = 156° environ, de manière qu'elles passent simultanément aux deux points morts supérieurs et inférieurs et que les efforts s'équilibrent autant que possible.

Cette disposition des manivelles a l'avantage de supprimer les contrepoids et de faire, par suite, gagner un peu de légèreté, mais le gain est relativement faible. Ce système ne permet pas d'équilibrer complètement les forces d'inertie qui, étant donnée la vitesse de rotation, peuvent amener des fatigues locales de la coque et de l'arbre qui peut fléchir entre les deux manivelles conjuguées.

De plus, l'emplacement des boîtes à vapeur dans l'axe de la machine, qui est indispensable, allonge cette dernière et fait ainsi perdre en partie le bénéfice réalisé par la suppression des palans intermédiaires et par l'inclinaison des cylindres. Cette dernière disposition ne permet pas d'ailleurs de réduire d'une manière sensible l'encombrement transversal.

Enfin, il se forme entre les quatre groupes de cylindres des couples qui paraissent d'autant plus difficiles à équilibrer qu'il ne semble pas exister de liaisons entre la partie supérieure des cylindres et la charpente de la coque et que la machine est plus longue.

Il paraît cependant que les vibrations ont presque complètement disparu, mais on peut se demander si le léger avantage résultant de la suppression des contrepoids des manivelles n'est pas compensé par la complication de la machine.

Les détails paraissent aussi prêter à la critique, notamment à l'attache des colonnes supports sur la plaque de fondation, car, malgré le coin de rattrapage de jeu, il est à craindre que, quand le filet aura pris du jeu, l'assemblage n'ait pas toute la rigidité désirable.

Bien que MM. Thornycroft et Yarrow soient parvenus, d'après ce

mission composée des membres du jury présents à ce moment et auxquels la Société Philomathique a adjoint M. Amédée Lévy, Ingénieur du service électrique de la Compagnie du Gaz de Bordeaux.

Cette Commission a été ainsi composée de :

MM. A. Laurent, Ingénieur principal des Ateliers de la Compagnie de Chemins de fer du Midi, Président;

H. Artigue, professeur du cours de machines à l'École supérieure de commerce et d'industrie, à Bordeaux;

Ch. Compère, Ingénieur-Directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

Herdner, Ingénieur du service central du matériel et de la traction des Chemins de fer du Midi;

Jules Lévy, Ingénieur des Arts et Manufactures;

Amédée Lévy, Ingénieur du service électrique de la Compagnie du Gaz de Bordeaux;

G. Pouquet, Ingénieur-Directeur de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Sud-Ouest;

Raoul Saint-Marc, Directeur de la blanchisserie à vapeur de la Gironde;

E. Thomine, Directeur de la Compagnie Babcock et Wilcox, à Paris;

Ch. Verrier, Ingénieur maritime, ancien Directeur des ateliers de Bacalan;

A. Lespès, Ingénieur principal des chantiers et ateliers de Bacalan, secrétaire.

A titre consultatif :

MM. Sosnowski, Ingénieur, administrateur-directeur de la Société de Laval;

Marcel Paré, Ingénieur de la maison Bréguet, délégué de la Société de Laval.

Il a été fait deux essais, l'un à charge normale de 100 *ch*, et l'autre à mi-charge de 50 *ch*.

A l'issue des essais, la Commission rédigea et signa le procès-verbal suivant :

La turbine de Laval soumise aux essais avait été construite dans les ateliers de la maison Bréguet; elle était du type de 100 *ch*, marchait à la pression de 8 *kg* et à condensation; elle portait le n° 107. Le condenseur construit par la maison Bréguet était

indépendant, à deux pompes à air, actionnées directement par la turbine à l'aide d'une courroie.

Cette turbine actionnait la dynamo « Shunt », à deux induits, n° 985 de la maison Bréguet.

La chaudière fournissant la vapeur à la turbine était du type Babcock et Wilcox de 132 m^2 de surface de chauffe, timbrée à 12 *kg*. La vapeur arrivait à la turbine par une conduite de 70 *mm* de diamètre intérieur, de 34,200 *m* de longueur totale, recouverte sur toute sa longueur d'une épaisse couche de feutre isolant.

Une bouteille ayant une capacité de 58 *l*, entourée complètement de feutre et portant, à sa partie inférieure, un robinet la faisant communiquer avec un réservoir de purge, était placée près de la turbine, sur la conduite d'arrivée de vapeur, et servait à recueillir l'eau résultant des condensations dans la conduite.

L'alimentation de la chaudière était assurée par un petit-cheval aspirant l'eau de la Ville dans des cuves graduées dont la capacité avait été soigneusement mesurée.

La vapeur arrivait à ce petit-cheval, d'une chaudière spéciale qui n'avait aucune communication avec celle qui desservait la turbine.

Des manomètres rigoureusement étalonnés étaient placés sur la turbine immédiatement au-dessus et au-dessous du régulateur.

Les ampères-mètres et les volts-mètres, construits par la maison Desruelles, placés aux bornes de la dynamo, avaient été tout récemment vérifiés et étalonnés par le Laboratoire central d'électricité de Paris.

Avant que l'on commençât à mesurer l'eau dépensée et le travail électrique produit, la turbine avait tourné pendant environ une heure.

La consommation de vapeur de la turbine a été obtenue pendant l'essai, en déduisant du volume d'eau aspirée par le petit-cheval alimentaire le volume total des eaux de condensation recueillies dans la bouteille.

Le travail électrique aux bornes de la dynamo a été régulièrement relevé de quart d'heure en quart d'heure.

A la fin de l'essai, le niveau de l'eau dans la chaudière a été ramené à ce qu'il était au commencement. La bouteille des eaux de condensation a été complètement vidée au début et à la fin de l'essai.

Il a été fait dans les conditions qui viennent d'être énumérées, deux essais dont les résultats ont été consignés ci-après :

	ESSAI FAIT LE 20 AOUT A CHARGE NORMALE			ESSAI FAIT LE 21 AOUT A MI-CHARGE		
Heure à laquelle l'essai a commencé.	7 h. 28 m. matin			8 h. 10 m. matin		
Heure à laquelle l'essai a fini. . . .	2 h. 28 m. soir			4 h. 10 m. soir		
Durée totale de l'essai.	7 heures.			8 heures		
Volume total d'eau : envoyée à la chaudière. . .	6371 *l*			4392 *l*		
Volume total d'eau : recueillie dans la bouteille.	85,45 *l*			96,10 *l*		
Volume total d'eau : Différence.	6285,55 *l*			4295,90 *l*		
Poids de vapeur introduit dans la turbine : pendant la durée totale de l'essai. .	6285,55 *kg*			4295,90 *kg*		
Poids de vapeur introduit dans la turbine : par heure, en moyenne	897,940 *kg*			537 *kg*		
	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne
Pression à la chaudière	11,5 *kg*	9,5 *kg*	10,5 *kg*	11,5 *kg*	10,5 *kg*	11 *kg*
Pression de la vapeur à la valve du régulateur de la turbine : au-dessus de la valve	8,30	7,3	8,05	8,5	7,80	8,06
Pression de la vapeur à la valve du régulateur de la turbine : au-dessous de la valve	8,25	7,1	7,85	8,25	7,70	7,88
Vide à la sortie de la turbine. . . .	68 *cm*	66 *cm*	67 *cm*	67 *cm*	63 *cm*	65,88 *cm*
Vide au condenseur.	72	69	70,5	70	66	68,76
Pression barométrique du jour. . .	»	»	77	»	»	77
Nombre de tours de la dynamo par minute.	1311	1266	1278	1320	1275	1297,5
Nombre de tours de la turbine par minute.	13110	12660	12780	13200	12750	12975
	INDUITS			INDUITS		
	N° 1	N° 2		N° 1	N° 2	
Aux bornes de la dynamo : Nombre d'ampères . .	275,5	301,47		126,36	145,43	
Aux bornes de la dynamo : Nombre de volts . . .	111,12	110,80		111,75	111,54	
Aux bornes de la dynamo : Nombre de watts. . .	30613,56	33402,87		14120,73	16221,27	
Aux bornes de la dynamo : Total des watts. . . .	64016,43			30342,0		
Poids de vapeur dépensée à l'heure : par kilowatt aux bornes.	14 *kg*			17,69 *kg*		
Poids de vapeur dépensée à l'heure : par cheval électrique de 736 watts aux bornes. . .	10,30 *kg*			13 *kg*		

La Commission signale que les ampères-mètres étalonnés ont été à la température de 50 à 60° pendant toute la durée de l'essai en pleine charge.

La Commission des essais ne disposait pas des moyens nécessaires pour déterminer le rendement de la dynamo. Elle signale pour mémoire que les rendements, 0,85 pour l'essai en pleine charge et 0,80 pour l'essai à demi-charge, lui ont été donnés par

la Société de Laval et la maison Bréguet comme s'appliquant exactement à la dynamo n° 985 qui a servi aux essais ci-dessus. En adoptant ces coefficients, il se trouverait que la turbine :

1° Dans l'essai du 20 août, aurait fourni un travail dynamique de 102,4 *ch* et consommé 8,760 *kg* de vapeur par cheval et par heure;

2° Dans l'essai du 21 août, aurait fourni un travail dynamique de 51,53 *ch* et consommé 10,416 *kg* de vapeur par cheval et par heure.

MM. A. Lévy et A. Lespès ont été chargés par la Commission de faire étalonner à nouveau les ampères-mètres après les essais et de faire connaître à la suite du présent rapport le résultat de cet étalonnage.

Bordeaux, le 21 août 1895.

Annexe au procès-verbal d'essais faits sur une turbine de « Laval » de 100 *ch* exposée par la Société de Laval.

A la suite de l'essai du 20 août pendant lequel il a été constaté un échauffement anormal des ampères-mètres, la Commission a décidé de faire étalonner à nouveau ces appareils. Les lectures rectifiées après ce deuxième étalonnement plus complet que le premier sont consignées dans le tableau ci-dessous qui peut être considéré comme définitif.

		ESSAI DU 20 AOUT		ESSAI DU 21 AOUT	
		INDUITS		INDUITS	
		N° 1	N° 2	N° 1	N° 2
Aux bornes de la dynamo après rectification des lectures suivant le 2e étalonnement	Nombre d'ampères. .	274,8	277,77	124,02	138,47
	— de volts. . .	111,12	110,80	111,75	111,54
	— watts-heure.	30535,77	30782,92	13859,25	15444,95
	Total des watts-heure.	61318,69		29304,2	
Poids de vapeur dépensée à l'heure	par kilowatt aux bornes.	14,650 *kg*		18,320 *kg*	
	par cheval électrique aux bornes.	10,780 *kg*		13,480	

Si l'on adoptait les rendements de 0,85 et 0,80 indiqués par la Société de Laval et la maison Bréguet pour la dynamo n° 985 qui a servi aux essais, il se trouverait que la turbine :

1° Dans l'essai du 20 août, aurait fourni un travail dynamique utile de 98 *ch* et consommé 9,160 *kg* de vapeur par cheval et par heure;

2° Dans l'essai du 21 août, aurait fourni un travail dynamique utile de 49,60 *ch* et consommé 10,820 *kg* de vapeur par cheval et par heure.

Bordeaux, le 5 septembre 1895.

Les résultats de ces essais ne donnent lieu à aucune observation; toutefois, il est bon de rappeler que la turbine a été essayée dans les conditions ordinaires des installations industrielles; elle avait marché pendant trois mois pour l'éclairage électrique de l'Exposition. Elle était distante de la chaudière de 34 *m* et son condenseur indépendant était mù par courroie.

La Commission n'a pas cru devoir faire aucune déduction pour le travail absorbé par le condenseur, car ce travail fait partie des résistances passives ordinaires des machines.

Quant à la chaudière d'essai, elle répondait au programme que s'était imposé la Commission de l'avoir plus forte qu'il n'était nécessaire afin de n'avoir pas à soulever la question d'eau entraînée; elle a marché en effet pendant l'essai à pleine charge à l'allure de 6,8 *kg* comme production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe, et pendant l'essai à mi-charge, à l'allure de 4,07 *kg*.

D'ailleurs la quantité d'eau recueillie à la base de la bouteille de purge correspond bien, d'après la surface de la conduite et le coefficient de condensation par mètre carré, à la condensation même de la vapeur de la conduite; ce résultat est d'ailleurs confirmé par la constatation que nous avons faite d'un même poids de purge par heure, 12 *kg*, pendant les deux essais.

A titre de document, je signalerai que les chiffres de consommation ont été relevés toutes les heures pour suivre la marche des essais et que l'on a ainsi trouvé :

Heures.	1re	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e
Essai à pleine charge	973	917	935	905	895	847	899	»
Essai à mi-charge .	584	592	539	510	525	535	543	564

2° Turbine de 75 *ch* à condensation destinée à l'éclairage électrique des magasins de la Place Clichy, à Paris.

Chargé de la réception du matériel moteur que les magasins de la Place Clichy viennent d'installer pour leur éclairage électrique, j'ai fait d'abord, dans la maison Bréguet, un essai de réception provisoire sur l'une des trois turbines de 75 *ch* destinées à alimenter cet éclairage, conformément au cahier des charges intervenu entre la Société de Laval et les magasins de la Place Clichy.

Comme il était difficile de séparer une chaudière pour cet essai, la consommation a été mesurée par le jaugeage de l'eau provenant d'un condenseur à surface affecté à la turbine en essai.

Toutefois, comme ce condenseur ne fournissait pas un bon vide, la maison Bréguet me proposa de faire l'essai de la façon suivante : un premier jour, on ne mesurerait que la consommation de vapeur par le jaugeage de l'eau recueillie dans le condenseur à surface et un second jour, on mesurerait le travail électrique, la condensation étant obtenue alors par un condenseur par mélange donnant un meilleur vide.

Pour appuyer cette méthode, la maison Bréguet me démontra pratiquement que, quel que soit le vide, la consommation de la turbine, non rapportée au travail, reste la même.

Ainsi exécuté, cet essai présentait un côté expérimental fort intéressant.

L'essai de consommation eut lieu le samedi 31 août, pendant trois heures, de 11 h. 45 m. à 2 h. 45 m. et l'essai de travail, le lundi 1er septembre.

Pendant le premier essai, le vide a été en moyenne jusqu'à 1 h. 50 m. de 55,01 *cm* à la sortie de la turbine et 57,54 *cm* au condenseur; puis à 2 h., il est tombé à 40 *cm*, par suite d'un arrêt momentané dans l'arrivée de l'eau réfrigérante du condenseur et il est remonté à 50 *cm* à 2 h. 10 m.; puis volontairement on l'a fait tomber en ouvrant un petit robinet de rentrée d'air, vers 45 *cm*. La consommation relevée pour les deux premières heures n'a pas varié pendant la troisième heure; elle a été de 720 *kg*.

Pour confirmer ce résultat, de 4 heures à 4 h. 30 m., on a marché exprès avec un vide de 16 à 20 *cm* seulement à la turbine; la consommation trouvée a toujours été la même : 360 *kg* pendant cette demi-heure.

Le deuxième essai qui n'était qu'un relevé de travail électrique a été prolongé pendant une heure, pour avoir une moyenne. Pour cet essai, la pression à la valve a été maintenue la même que dans le premier essai; le vide sur le condenseur à mélange a été de 66,71 *cm* pour 63,28 *cm* à la turbine; dans ces conditions, le travail a été de 48 748 watts et la consommation de vapeur : 14,76 *kg* par kilowatt, ou 10,86 par cheval électrique.

Les nombres de volts et d'ampères ont été relevés au galvanomètre d'Arsonval.

En acceptant comme pour la turbine de l'Exposition de Bordeaux, le rendement 0,85 donné par la maison Bréguet pour la dynamo, la consommation par cheval effectif ressort à 9,23 *kg*.

Ces deux résultats confirment ceux garantis par la Société de Laval et ils montrent que la consommation de vapeur des turbines reste dans les chiffres habituellement trouvés pour les machines à piston les plus économiques.

Cette conclusion avait déjà été formulée en 1869 par Zeuner dans sa *Théorie mécanique de la Chaleur* et il n'est pas sans intérêt de le rappeler ici.

Zeuner écrivait, en effet, après avoir établi l'équation fondamentale (391) donnant le travail d'une machine à détente :

$$(391)\quad AL = M\left[\frac{p_2 x_2}{T_2}(T_2 - T_1) + q_2 - q_1 - T_1(\tau_2 - \tau_1) + A\sigma(p_2 - p_1)\right].$$

« Avant de continuer cette étude, j'appellerai l'attention du lecteur sur un résultat singulier. La parenthèse de l'équation (391) devient identique à l'expression :

$$(337)\quad \frac{Aw^2}{2g} = \frac{x_1 r_1}{T_1}(T_1 - T_2) + q_1 - q_2 - T_2(\tau_1 - \tau_2) + A\sigma(p_1 - p_2),$$

que j'ai établie en étudiant l'écoulement des mélanges de vapeur et de liquide, quand on intervertit les indices; on a donné l'indice 1, dans cette dernière, aux quantités qui correspondent à la pression supérieure, et l'indice 2 à celles qui se rapportent à la pression inférieure. La comparaison de ces équations donne la relation :

$$L = M\frac{w^2}{2g}.$$

» Par conséquent, lorqu'un mélange de vapeur et de liquide pesant M *kg* sort directement dans l'atmosphère de la chaudière

Essais effectués dans la maison Bréguet sur une turbine de Laval de 75 *ch*, destinée à l'éclairage électrique des magasins de la Place Clichy.

HEURES	PRESSION avant LA VALVE du RÉGULATEUR	PRESSION après LA VALVE du RÉGULATEUR	VIDE à LA TURBINE	VIDE au CONDENSEUR	NOMBRE de VOLTS	NOMBRE D'AMPÈRES	NOMBRE de WATTS
Essai de consommation du 31 août 1895.							
11,45	10 *kg*	10 *kg*	56,50 *cm*	59 *cm*	125	260	32.500
12,00	10	10	37	60	130	260	33.800
12,10	9,75	9,75	56,75	59,50	»	»	»
12,20	10	10	56,20	59,20	121	250	30.250
12,30	10,20	10,20	56	58,75	127	246	31.242
12,40	9,60	9,60	55	57,80	128	246	31.488
12,50	10	10	54,9	57,20	123	239	29.397
1,00	10	10	54,3	57	123	243	29.889
1,10	10	10	54	56,50	»	»	»
1,20	10	10	54	56,20	125	248	31.000
1,30	10	10	53,50	56	122	240	29.280
1,40	9,90	9,90	53,50	55,55	»	»	»
1,50	10	10	53,50	55,55	119	236	28.084
2,00	10	10	41,50	42,50	99	206	20.394
2,10	10	10	49,50	50	»	»	»
2,20	10	10	44,50	46	113	232	26.126
2,30	10	10	46	47	108	222	23.976
2,40	10	10	44,50	46,50	»	»	»
2,45	10	10	45	46	108	220	23.760
MOYENNES	9,97	»	»	»	»	»	28.656
Essai de force du 1er septembre 1895.							
2,15	10,15 *kg*	10,15 *kg*	63 cm^3	66,50 cm^3	123	406	49.938
2,25	10	10	63,50	66,50	122	400	48.800
2,35	9,80	9,80	63.50	67	122	394	48.068
2,45	10,25	10,25	63,50	66,50	125	408	50.000
2,55	9,90	9,90	63,50	67	121	394	47.674
3,05	10	10	63	67	120	398	47.760
3,15	9,90	9,90	63	66,50	120	400	48.000
MOYENNES	»	»	63,28	66,71	»	»	48.748

La pression à la chaudière, système multitubulaire Collet, a été maintenue entre 11,5 *kg* et 12 *kg*.

d'une machine sans condensation, la masse M *gagne à l'état de force vive, exactement le même travail que celui que l'on peut gagner à l'aide de la machine dans les circonstances les plus favorables.*

» Cette proposition pourrait nous donner le moyen de chercher la valeur des machines motrices (roues à réaction à vapeur, turbines à vapeur) dans lesquelles on utilise l'écoulement d'un mélange de vapeur et de liquide. Cette idée a été déjà poursuivie plusieurs fois. Je ne chercherai pas à tirer parti de cette proposition en ce moment, parce que cela m'éloignerait du but de cet ouvrage. »

L'essai de la turbine des Magasins de la Place Clichy confirme ce qu'avançait la maison Bréguet conformément, d'ailleurs, à la théorie sur l'écoulement des vapeurs, à savoir : que le débit de vapeur ne dépend que de la pression de la chaudière et de la section des ajutages, et nullement de la pression à l'échappement; c'est, au contraire, de cette pression à l'échappement que dépend la force vive de la vapeur.

Ainsi, le premier jour d'essai, à cause du vide de 55,01 seulement, nous avons eu pour le même débit de vapeur, par suite d'une vitesse plus faible, un travail électrique plus faible : 28 656 watts au lieu de 48 748 obtenus le second jour d'essai, et la consommation de vapeur, rapportée au travail ce premier jour, s'est élevée à 25,13 *kg* par kilowatt.

De plus, lorsque la turbine doit travailler à faible charge, pour la laisser dans ses limites économiques, on devra agir sur la section des ajutages et non, en étranglant la soupape de mise en route, sur la pression de la vapeur.

Ainsi, un essai fait par M. Vinçotte, Ingénieur-Directeur de l'Association pour la surveillance des appareils à vapeur en Belgique, sur une turbine de 10 *ch*, vient confirmer cette règle importante.

Cet essai a été fait au frein, à des forces croissantes, correspondant à des surcharges de 1, 2, 3, 4 *kg* placées sur le frein.

La consommation de vapeur a été mesurée en condensant toute la décharge dans le condenseur à surface de l'Association.

La turbine comportait quatre ajutages, dont deux, seuls, à la partie supérieure, pouvaient être gouvernés à l'extérieur, comme dans toutes les turbines, du reste, dont les deux ajutages à la partie inférieure sont noyés dans le socle. Les trois premiers essais ont été faits avec trois ajutages, et le quatrième avec

quatre ajutages ; toutefois, pour les deux premiers essais, le robinet de mise en route de la turbine a été étranglé convenablement, de façon à ne pas dépasser la vitesse en ne chargeant le frein que de 1 et 2 *kg*.

Les résultats trouvés ont été les suivants :

NUMÉROS des ESSAIS	PRESSION MOYENNE à la CHAUDIÈRE en *atm*	PRESSION MOYENNE à LA TURBINE en *kg*	NOMBRE MOYEN de tours par minute	CHARGE DU FREIN	FORCE FAITE	CONSOMMATION TOTALE par heure en *kg* de vapeur	CONSOMMATION PAR CHEVAL effectif et par heure
				kg	*ch*	*kg*	*kg*
I. . .	6,8	3,26	24 050	1	3,36	135,9	40,45
II. . .	6,85	4,72	23 850	2	6,66	180,9	27,01
III. . .	6,92	6,17	23 660	3	9,91	222,0	22,40
IV. . .	6.	6,31	24 140	4	13,48	290,1	21,50

Tout d'abord, la consommation à charge normale a été inférieure à 23 *kg*, chiffre qui était garanti.

La comparaison des résultats des essais III et IV montre que la consommation de vapeur par heure a augmenté presque exactement dans le même rapport que le nombre d'injecteurs ; étant de 222 *kg* dans l'essai III, elle devait être $\frac{222 \times 4}{3} = 296$ *kg* dans l'essai IV ; elle a été trouvée de 290,1 *kg*.

A pression réduite, au contraire, et avec trois ajutages restant ouverts , la consommation par cheval a augmenté fortement; elle a atteint 27,1 *kg*, la pression étant 4,72 *kg*, et 40,15 *kg* la pression étant 3,26 *kg*.

Dans l'essai de Bordeaux, à mi-charge, en agissant seulement sur le nombre d'ajutages ouverts, la consommation ne s'est élevée que de 9,16 *kg* à 10,82 *kg* ; elle aurait même dû rester constante ; mais il faut remarquer que les résistances passives augmentent proportionnellement quand la charge diminue, ces résistances passives provenant : 1° des pertes de force vive par les frottements dans les ajutages et les remous dans les aubes ; 2° de la résistance opposée par le milieu ambiant à la rotation de la turbine ; 3° de l'engrenage ;

C'est, du reste, pour laisser à la turbine toute son économie que la maison Bréguet constitue, suivant le cas, les ajutages par

des conduits cylindriques à l'intérieur desquels se déplace une aiguille conique que l'on peut régler suivant la charge.

Il est bon de remarquer ici que l'action du régulateur, qui est d'ouvrir plus ou moins le papillon, en réduisant aussi plus ou moins la pression, serait contraire aux remarques précédentes: mais il faut reconnaître que ce régulateur n'agit que pour empêcher l'emballement de la turbine quand la vitesse dépasse celle de régime.

En terminant, il y a lieu de signaler que les consommations de vapeur de la turbine de Laval, déjà très réduites, trouvées expérimentalement, et qui sont, comme chacun le sait, fonction de la vitesse relative de la turbine par rapport à la vitesse de la vapeur, pourront être encore abaissées, lorsque les qualités de matière ou les perfectionnements de la construction permettront d'augmenter la force centrifuge des disques, sans dépasser les conditions de sécurité actuelles.

En ce moment, dans les turbines construites, la vitesse circonférentielle de la roue n'est, en effet, que les trois quarts environ de la vitesse théorique qu'elle devrait avoir, d'après l'inclinaison des ajutages.

Enfin, les condensations de la vapeur sur les parois des cylindres des machines à vapeur, qui constituent un des facteurs les plus importants de l'écart constaté entre les consommations théoriques et celles trouvées expérimentalement, sont, dans la turbine de Laval, presque nulles, car la circulation de la vapeur étant continue en chaque point des conduits, la vapeur reste toujours à la même température.

LES
TRAMWAYS ÉLECTRIQUES
A CONDUCTEURS SOUTERRAINS [1]

PAR

M. A. LAVEZZARI

La substitution de la traction mécanique des tramways à la traction animale s'effectue de bien des façons différentes, toutes fort ingénieuses, et qui trouvent leur emploi suivant les circonstances. Celle que je me propose de traiter ici est encore une des moins répandues, mais non des moins intéressantes ; c'est en quelque sorte la traction de luxe, la traction des grandes villes.

La traction électrique, avec prise continue de courant sur câble souterrain, offre, en effet, des avantages sérieux, qui, dans certains cas, l'imposent presque au choix des Ingénieurs : elle ne change pas l'aspect des voies dans lesquelles elle est établie.

Elle présente, par contre, certaines difficultés qui sont maintenant à peu près résolues, sauf une, le prix de premier établissement, qui, dans beaucoup d'autres cas, la rend complètement impossible.

Quoi qu'il en soit, elle est utilisée telle qu'elle est, dans quelques villes étrangères, très rares encore, puisqu'il n'y en a que deux en Europe, dont une seule possède un grand réseau, et là elle donne des résultats pratiques des plus intéressants.

C'est de ces deux installations européennes que je vais surtout parler ; je dirai aussi quelques mots de plusieurs systèmes dont j'ai vu des modèles au cours de mes voyages et qui seront probablement mis en pratique avant peu ; enfin je décrirai la troisième ligne qui existera bientôt sur le vieux continent et qui nous intéresse tout particulièrement, puisque cette fois il s'agira de Paris.

Généralités.

Avant de commencer la description de ces installations, je crois indispensable de rappeler en quelques mots les principes

(1) Voir planches nos 150 et 151.

qui régissent la traction électrique. Je serai très bref sur ce point, pour ne pas répéter ce qui a déjà été dit.

La traction électrique par câble n'est qu'un cas particulier du transport de la force. La légende attribue au hasard la découverte du principe du transport de l'énergie au moyen de l'électricité; c'était à l'Exposition de Vienne, en 1873. Un ouvrier de la maison Gramme, qui surveillait deux dynamos utilisées pour l'électrolyse, voyant traîner à terre deux fils, crut qu'ils appartenaient à la machine alors au repos et les fixa aux bornes; grande fut sa surprise en voyant cette machine se mettre à tourner toute seule; il s'aperçut alors que les autres bouts étaient fixés à la machine en service; le transport de l'énergie électrique était trouvé !

Doit-on accorder un crédit illimité à cette histoire? On ne le saura probablement jamais; mais elle a l'avantage de l'originalité, et c'est le cas de répéter : *Si non e vero e ben trovato.*

La figure 1 est un diagramme montrant un tramway électrique réduit à sa plus simple expression; le câble est figuré aérien, uniquement pour rendre la figure plus claire, le principe est exactement le même avec câble souterrain.

Le car porte un moteur qui tourne sous l'action d'un courant continu qui pénètre dans le fil du trolley et gagne, après avoir traversé le moteur, le fil de retour (qui dans la plupart des cas est constitué par le rail et la terre), quand ce passage est ouvert par le conducteur de la voiture.

Les deux cars représentés sont placés en parallèles entre les deux conducteurs, comme deux lampes à incandescence seraient réunies aux fils dans une installation d'éclairage.

Le courant employé jusqu'ici est le courant continu, à cause de la facilité de démarrage; mais il est probable qu'avant peu de temps on utilisera les courants polyphasés.

Si on se reporte à la figure 1, on voit que le courant est fourni par un fil unique, et si la voiture la plus rapprochée de l'usine absorbe sa pleine pression, la seconde voiture en recevra un peu moins et ainsi de suite; si la ligne est suffisamment longue, les voitures extrêmes ne disposent plus que d'une force électromotrice insuffisante pour les mettre en mouvement.

On emploie alors la disposition avec feeders. Le fil de trolley sur lequel le contact mobile se déplace est représenté sur la figure 2 en TT'; et les fils de feeders FFF n'ont aucun contact avec les moteurs, ils sont reliés au fil de trolley en divers points f, f', f''.

Il faut remarquer que je n'ai pas figuré de feeders pour le courant de retour, cependant on ajoute dans certains cas quelques fils supplémentaires pour remédier à l'insuffisance de conductibilité des rails.

Voyons maintenant quelles considérations peuvent conduire à donner la préférence aux lignes à conducteurs souterrains, et quelles sont alors les conditions à remplir.

Il est certain que si les voitures devaient rouler sur une plateforme spécialement affectée à leur usage, le travail serait simple et la solution facile ; on pourrait placer des conducteurs sur le sol, comme au Sub Way de Londres à l'Over head de Liverpool et au chemin de fer du Salève que j'ai déjà décrit ici. Mais, quand il s'agit de tramways urbains, il faut tenir compte du passage des autres véhicules et se soumettre à de nombreuses exigences locales ; on ne peut donc plus placer sur la voie des conducteurs en saillie sur le sol.

Conditions générales.

Les conditions générales qu'il faut remplir sont au nombre de trois :

1° La sécurité du public ;
2° La liberté de la circulation ;
3° L'économie.

Les deux premières peuvent être remplies par l'emploi de batteries secondaires, avec quelques réserves cependant, et en particulier le poids considérable de la voiture qui, diminuant la maniabilité, augmente les dangers de rencontre ; je suis cependant convaincu qu'elles sont appelées à jouer un rôle important dans le développement de l'électricité pour la traction.

Mais on ne peut actuellement leur accorder qu'une place secondaire quand on veut utiliser l'électricité directement pour remplir également la dernière condition.

L'emploi des accumulateurs présente encore l'inconvénient de tous les systèmes dans lesquels chaque voiture porte avec elle sa source d'énergie. Il est très difficile de multiplier à certains moments le nombre de voitures en circulation : ou bien il faut avoir une réserve considérable de voitures très coûteuses qui ne travaillent pas en temps normal, ou bien on doit employer les voitures remorquées (quand la puissance forcément limitée des mo-

teurs le permet), mais ce n'est là qu'une solution imparfaite, car on ne doit pas oublier qu'en matière de tramways il ne faut pas offrir à de rares intervalles un grand nombre de places, mais au contraire avoir des passages fréquents de voitures même petites.

Les câbles aériens, quoique remplissant les conditions de sécurité et d'économie, ne sont guère admissibles dans bien des rues, à cause de leur aspect peu satisfaisant; il est d'ailleurs juste d'ajouter qu'ils ne remplissent peut-être pas toujours la première condition: la sécurité du public. Un contact établi par hasard entre le fil aérien et la terre, ferme le circuit et peut causer des accidents graves. Je ne parle que pour mémoire du reproche qui leur a encore été fait d'entraver la circulation des échelles des pompiers. En Amérique, pour résoudre cette difficulté spéciale, on a pris un moyen énergique : les équipes de pompiers sont munies de pinces isolantes fournies par les Compagnies de tramways, et coupent sur leur passage les fils qui les gênent; ce moyen n'a d'autre inconvénient que d'arrêter net la circulation des tramways sur les lignes intéressées.

On se trouve ainsi, par élimination, amené à envisager, dans bien des cas, le câble souterrain, mais cette disposition entraine certaines difficultés dont quelques-unes ont paru à première vue insurmontables.

On est cependant arrivé à les vaincre à peu près toutes.

Quelles sont donc les conditions que doit remplir une ligne à câble souterrain?

Elles sont nombreuses et, pour y mettre un peu d'ordre, je les classerai en quatre groupes :

Celles qui se rapportent au conducteur;
— — au collecteur;
— — au moteur;
— — à l'usine centrale.

Ces deux dernières, d'un ordre plus général, s'appliquent aussi bien au câble aérien.

A. — Conditions que doit remplir le conducteur :

1° Une protection parfaite contre les immondices de la rue, mais qui permette cependant d'avoir un contact constant avec le collecteur;

2° Un bon isolement qui ne soit pas sujet à l'encrassement tout en étant facile à remplacer en cas de rupture;

3° La possibilité d'inspecter toute la longueur du canal si c'est nécessaire;

4° Des moyens sûrs de nettoyer régulièrement le canal, d'enlever la boue ou tout autre obstacle;

5° Une construction assurant le passage des aiguilles et des croisements sans court circuit ni interruption de contact.

B. — Conditions que doit remplir le collecteur

6° Assurer et maintenir le passage du courant entre le moteur de la voiture et le conducteur du canal;

7° Éviter les accidents (électriques ou mécaniques) dans le cas où le collecteur serait bloqué;

8° Une construction qui assure son isolement et lui permette de passer les aiguilles sans accident.

C. — Conditions que doit remplir le moteur

9° Une construction simple et robuste permettant de supporter les efforts brusques et considérables qu'il est appelé à surmonter;

10° Une connexion mécanique entre le moteur et les essieux aussi régulière et silencieuse que possible et avec la plus petite perte possible;

11° Une disposition électrique et mécanique telle que le car puisse être conduit dans les deux sens;

12° Absence de complications, de manière que tout le mécanisme puisse être conduit par le premier ouvrier venu;

13° Une protection sûre contre des accidents sérieux en cas de faute du conducteur.

D. — Usine centrale

A l'usine centrale de production du courant, on doit prévoir une production variable et se prémunir contre tout accident par court circuit et aussi contre les longs arrêts en cas d'accident.

TRAMWAY DE BLACKPOOL

La plus ancienne des deux lignes aujourd'hui en service en Europe est celle de Blackpool, construite par M. Hobroyd Smith, Ingénieur anglais et comme elle a servi de premier champ d'expériences, je décrirai avec un certain soin les principales phases par lesquelle elles a passé.

Premiers essais.

Avant sa construction, plusieurs expériences progressives ont été faites dont les deux principales sont représentées figures 3 à 6.

Dans la première, le canal construit à échelle réduite avait été fait pour plus de simplicité, en bois. On le voit représenté figure 3.

Le canal A contenait deux fils conducteurs en cuivre, l'un pour l'aller, l'autre pour le retour du courant. Le trolley conducteur qui roulait dessus est représenté figure 4.

L'emploi de deux conducteurs séparés dans le canal A, quoique présentant certains avantages, est sujet à bien des objections, du moins lorsqu'il s'agit d'un canal de section aussi réduite et lorsque les fils sont aussi peu protégés que dans le cas présent. On voit, en effet, que toute pièce métallique tombant à travers la rainure établirait presque infailliblement un court circuit; de plus par le seul fait de l'humidité, les deux conducteurs seraient en communication électrique constante et la perte de courant serait considérable. D'ailleurs, une pareille ligne n'aurait jamais pu fonctionner pratiquement car la poussière et la boue tombant à travers la rainure n'auraient pas tardé à recouvrir les conducteurs, rendant impossible tout contact avec le collecteur.

Dans le deuxième essai on chercha à diminuer les chances de court circuit et de perte de courant. Le canal primitif fut remplacé par un conduit tubulaire dans lequel circulait une sorte de navette à expansion.

La première ligne construite en vraie grandeur fut établie dans un champ près de Manchester et avait une longueur de 110 *m*.

La section du canal est représentée figure 5; le conducteur, remonté à la partie supérieure du canal était composé de 2 demi-tubes soutenus par des supports isolants et donnant tous deux passage au courant d'aller, le retour s'effectuant par les rails.

Le collecteur, représenté figure 6, était composé de deux cylindres cannelés en spirale qu'un ressort tenait écartés et appuyés

constamment sur les 2 demi-tubes maintenant ainsi un bon contact; le mouvement de rotation dû aux spirales devait rejeter tout obstacle qui aurait pu se trouver accidentellement dans la fente formée par les 2 conducteurs.

Le résultat fut très satisfaisant comme prise de courant, mais il y eut une autre objection assez grave. La boue vint s'amonceler dans ce canal entre les conducteurs et les cadres en fer et l'isolement fut fortement diminué, le nettoyage en étant difficile et coûteux.

Au surplus, cet arrangement, qui va très bien pour une ligne simple, est inapplicable à une ligne avec embranchements et aiguilles.

Caniveau.

Après ces essais, on adopta la disposition qui fut employée pour la construction de la ligne de Blackpool. Elle est représentée en perspective figure 7.

Entre les deux rails, dans l'axe de la voie, se trouve, au niveau du sol, une rainure communiquant avec la partie supérieure du caniveau qui renferme les conducteurs.

Les fers en U qui constituent les joues de la rainure sont supportés par une série de chaises en fonte.

La figure 8 est une coupe transversale du canal A, entre deux supports en fonte B; les fers U de la rainure C qui forment couvercle sont en acier, les côtés D en bois reçoivent les isolateurs E qui supportent les conducteurs de cuivre F. Les chaises sont en fonte de 0,30 *m* de hauteur et de 0,33 *m* de base, avec un intervalle intérieur libre de 0,15 *m*; le fond est arrondi et les pieds-droits sont pourvus de logements pour recevoir les planches formant côtés. Les cadres en fonte sont espacés de 1 *m* et supportent les fers de rainure qui sont chevillés à leur surface. Les écrous sont recouverts et cachés par un chapeau en fonte. Le vide des fers U est rempli par des pavés en bois; les faces verticales de la rainure sont inclinées de façon que l'espace libre, étant fixé à un demi-pouce à la partie supérieure, atteint un pouce à la partie inférieure, afin que toute pierre qui s'est engagée dans la rainure la traverse sûrement sans coincer. On emploie du bois créosoté pour les côtés afin d'augmenter l'isolement. Ces parois ont un trou de 0,065 *m* percé au milieu de l'espace qui sépare deux supports pour recevoir l'isolateur de porcelaine, et des trous de 0,02 *m* sont percés à angle droit pour l'insertion d'une cheville

qui, passant à travers la cannelure de l'isolateur, le fixe solidement.

Ce procédé a des avantages sérieux au point de vue de la facilité de construction.

La voie au-dessous des pièces latérales est pilonnée et le centre bétonné et disposé pour former la même courbe que le fond des supports. Sur la figure 9 est représentée une vue agrandie de l'isolateur ou clou de suspension ainsi que le mode d'attache des conducteurs en cuivre tenus en place par l'introduction d'une cheville en bois P.

Les tubes conducteurs sont en cuivre dur étiré ayant une conductibilité de 96 0/0 du cuivre pur. Ils sont par bouts de 11 *m* et pèsent à peu près exactement 1,5 *kg* par mètre. Ils sont placés sous l'angle représenté pour la facilité de pose; et pour que le collecteur puisse en partie reposer dessus tout en pressant contre eux; enfin, grâce à cette orientation, tout corps étranger venant entre eux et les parois latérales ou les supports peut facilement tomber.

Les tubes sont réunis entre eux par des coins en laiton dur embrassant exactement la forme intérieure. On a laissé un peu de jeu entre les extrémités pour permettre l'allongement et la contraction et les coins sont retenus en place par une attache en fil métallique. Au début, pour les premiers mètres, les coins avaient été soudés; mais, outre que l'opération était difficile, la dilatation due à la seule différence de température entre le jour et la nuit brisa les soudures.

Les deux tubes sont réunis électriquement à chaque 100 *m* par des boucles en U en fil de cuivre isolé et recouvert de plomb placé dans une rainure pratiquée dans les côtés et le fond du canal; au-dessus de chacune de ces boucles est placé un trou à main obtenu en coupant les fers de la rainure et remplissant le vide avec deux pièces de 1 *m* de long.

Ces trous à main servent à plusieurs usages, spécialement pour l'introduction des racloirs employés pour le nettoyage du canal et pour l'enlèvement des collecteurs en cas d'accident.

Le courant positif seul passe par les conducteurs de cuivre; le circuit de retour s'effectue par les rails et par l'ossature de la voie; les rails sont réunis électriquement par des bandes de cuivre passant d'un rail à l'autre et attachés dans des trous percés aux extrémités.

Malgré les progrès réalisés par cette construction sur les tenta-

tives précédentes et le soin apporté pour assurer un bon isolement, les résultats ne furent pas très heureux au début et on dut remanier entièrement la ligne; c'est qu'elle se trouve en effet dans des conditions assez peu favorables à une exploitation de ce genre.

Blackpool est une plage située sur la mer d'Irlande au nord de Liverpool. La ligne de tramway, qui a environ deux milles de longueur, suit la promenade principale de cette plage sur un quai que la vague vient frapper à marée haute. Elle est directement exposée à la pleine force du vent de la mer d'Irlande. Les tempêtes périodiques y sont si fortes que bien que le niveau de la route soit assez élevé au-dessus des hautes eaux ordinaires, les vagues déferlent dessus en telle quantité que la chaussée est souvent inondée et les portes et fenêtres des maisons qui la bordent mouillées à ce point que, pendant trois mois d'hiver, on est obligé de barricader les ouvertures qui donnent sur le littoral. L'application d'une canalisation électrique souterraine présentait dans de pareilles conditions des difficultés exceptionnelles.

A un moment on avait décidé d'employer des accumulateurs pour la traction pendant les hautes eaux et même la traction animale; mais, par suite des amoncellements de sable apportés par le vent, les rainures des rails étaient remplies et les voitures en sortaient, si bien que l'on dut renoncer à travailler pendant la saison des tempêtes.

Donc au bout de quelque temps l'exploitation devint tout à fait impossible; il est juste d'ajouter cependant qu'auparavant la corporation ou municipalité de Blackpool, encouragée par les premiers résultats, avait repris l'exploitation pour son compte, et qu'alors, faute d'une expérience suffisante, on ne fit pas avec assez de soin les travaux d'entretien les plus nécessaires. Bref, on appela l'inventeur qui reconnut la nécessité de refaire presque entièrement la ligne.

D'ailleurs l'expérience avait prouvé que la visite des isolateurs était très difficile et il était de toute nécessité de perfectionner ce détail.

On enleva une chaise sur trois et l'on mit à sa place une boîte d'isolement. Ces boîtes sont représentés figures 10 et 11.

On voit que la dimension du canal est nécessairement la même qu'autrefois et qu'à la place de deux conducteurs on n'en emploie plus qu'un, ceci pour laisser plus de place libre dans le canal. Les isolateurs, au lieu d'être circulaires, fixés dans les

côtés en bois, sont d'une forme spéciale et portés dans les boites par des tassaux en bois.

Ces boites sont enfoncées plus profondément que les chaises primitives, chacune formant un puits pour la réception des boues emportées dans le canal.

En levant le couvercle qui recouvre ces boites on peut facilement enlever la boue et nettoyer les isolateurs quand cela est nécessaire.

Cette modification eut pour résultat de rendre l'isolement de la ligne assez bon pour que les ampèremètres placés à l'usine, construits pour les hautes lectures, il est vrai, ne donnent pas d'indication de pertes, leur somme étant trop faible.

La modification a aussi facilité le nettoyage du canal et le maintien de la largeur de la rainure.

Aiguilles.

La voie est simple et comporte dix croisements; aussi a-t-elle de nombreuses aiguilles, dont l'étude n'a pas été sans présenter quelques difficultés.

Dans les tramways, en effet, il est important que les interruptions produites aux croisements soient aussi réduites que possible pour éviter les secousses des voitures.

La section complète du canal central devant être conservée sur toute la longueur, on serait obligé de le couvrir aux croisements par une longue pièce en porte à faux si la jonction des deux rainures devait avoir lieu exactement à la fourche en (X), comme cela a lieu dans les funiculaires à cause de la connexion rigide du gripp sous la voiture. Mais dans les tramways électriques, l'emploi d'une connexion flexible entre le car et le collecteur rend possible l'arrangement représenté figure 12. Alors que les rails se rejoignent tangentiellement, les rainures des canaux se coupent suivant un certain angle, ce qui diminue considérablement le porte à faux des fers en U. Cette disposition a pour effet de rejeter le croisement des rainures en arrière de celles des rails, mais cela n'a aucun inconvénient, comme je l'ai dit, par suite du mode d'attache flexible du collecteur.

La figure 13 représente une élévation longitudinale vue de côté de l'aiguille, avec la disposition des conducteurs. Les deux tubes de cuivre, qui étaient parallèles entre eux dans le canal simple, se séparent en prenant le côté extérieur du canal et sont rejoints

par des tubes secondaires qui sont réunis électriquement avec les tubes extérieurs ou les fils distributeurs par une ou plusieurs des boucles décrites ci-dessus.

Avec le fil unique employé maintenant, on se contente de placer un second conducteur dans la voie extérieure, relié au premier par des boucles en fil de cuivre.

Pour empêcher le collecteur de s'accrocher quand il prend la pointe, les extrémités des tubes secondaires ou maintenant du conducteur supplémentaire sont pourvus de cornes en laiton recourbées comme il est montré. D'ailleurs, à cause de la position occupée par la fourche du caniveau, le collecteur ne peut prendre une mauvaise voie. Pour plus de sécurité une bande d'acier est fixée à l'extrême pointe qui guide le collecteur dans la bonne voie et s'ouvre pour le laisser passer quand il en sort.

Collecteurs.

Les collecteurs ont été certainement la principale source d'ennui tant à cause des défauts qui leur étaient inhérents qu'à cause de la mauvaise pose de la voie. La rainure d'un demi-pouce entre les bandes d'acier s'est déformée rapidement dans une très grande proportion, et la distance entre les conducteurs varia encore davantage. Ces ennuis ont disparu avec la nouvelle construction.

Le collecteur comprend trois parties, une pièce centrale C et deux socs nettoyeurs pour permettre d'aller dans les deux sens.

Comme il a déjà été expliqué, un des éléments de succès des tramways électriques à conducteurs souterrains est l'emploi d'un collecteur flexible avec connexion flexible. A cet effet, les deux socs sont réunis à la pièce centrale par une lame d'acier trempé (S) ou par une plaque de fer forgé à charnière (H) *(fig. 14 et 15)*. Les plaques d'acier trempé formant socs sont portées par des mâchoires en fonte et sont montées sous l'angle représenté et dépassant un peu le dessous des fers de rainure. Leurs extrémités supérieures sont terminées par une griffe ou doigt courbé en arrière. Les doigts reçoivent la boucle ou l'anneau des cordes de traction qui sont attachées à l'avant et à l'arrière du car. Les cordes sont assez fortes pour supporter un effort considérable, mais leurs extrémités présentent un point faible qui est une pince d'attache ou une courte boucle plus mince capable de résister aux obstacles ordinaires, mais qui se brise s'il se produit un blocage absolu; le collecteur reste alors en arrière pendant que la voiture continue son chemin en avant.

En même temps l'anneau du câble d'arrière sort du doigt du soc d'arrière; s'il n'en était pas ainsi, la force demandée pour casser la boucle du câble de traction ferait briser le collecteur et produirait le contact de la pièce centrale en court circuit avec la face inférieure de la rainure d'acier.

La pièce centrale *(fig. 15)* consiste en une plaque de fonte portant une autre plaque de laiton convenablement isolée et protégée par des gardes d'acier durci dans la partie qui traverse la rainure.

Le pied de la plaque isolée est débarrassé de matière isolante et porte une contre-plaque de bronze à deux branches en forme de T munis à leurs extrémités des frotteurs de métal durci, spécialement préparés. Le frotteur de devant est disposé pour appuyer sur le tube de gauche et celui de derrière sur le tube de droite. A l'extrémité supérieure de la plaque isolée est fixée une pince entourée d'un anneau de caoutchouc. La pince est alésée pour recevoir une monture en forme de cœur, qui peut facilement y être introduite, mais exige un arrachement sérieux pour en sortir. Une pince semblable est fixée au car; elles sont réunies par une petite longueur de fil isolé pourvu d'une monture en forme de cœur à chaque extrémité. En cas de rupture des câbles de traction, les pinces du conducteur électrique (qui ne doit jamais être tendu en marche normale) lâchent les pièces de liaison et la connexion électrique est interrompue.

Avec le fil conique, il n'y a plus maintenant qu'un contact au collecteur.

Station génératrice.

Pour achever la description de la ligne de Blackpool, il me reste à dire quelques mots de l'usine et des voitures; je serai très bref sur ces deux points qui ne se rattachent pas particulièrement à la traction par câble souterrain.

Comme le service ne peut subir aucune interruption, les chaudières, les machines et les dynamos sont en double, chacune d'elles pouvant, en cas de besoin, développer le travail nécessaire au fonctionnement de la ligne.

Les chaudières sont du type locomotive et les machines, demi-fixes compound sans condensation, ont une force nominale de 25 *ch.* Le mouvement est transmis des machines aux dynamos par un arbre intermédiaire qui permet toutes les combinaisons nécessaires.

Les dynamos sont à quatre pôles, à enroulement schunté, excitées par des petites machines spéciales.

La force électromotrice est de 300 volts et chaque machine fournit 180 ampères; elles peuvent être montées en parallèles.

Le tableau de distribution comprend les commutateurs, voltmètres et ampèremètres ordinaires.

On avait d'abord employé comme coupe-circuit automatiques des plombs fusibles, mais leur action n'était pas assez rapide, et on les a remplacés par des coupes-circuit magnétiques qui ont en outre l'avantage d'être réglables à volonté.

Voitures.

Au début, l'exploitation se faisait avec 10 voitures dont les plus petites, les voitures d'été ouvertes, contenaient 30 places, et les plus grandes (avec impériale) donnaient place à 56 voyageurs. Depuis, la dimension des voitures a été augmentée et, cette année, on a mis en circulation des voitures à 82 places, montées sur deux trucs.

Sous le parquet des voitures se trouvent les moteurs qui peuvent tourner dans les deux sens.

La transmission de mouvement, qui se faisait primitivement par chaîne, a été remplacée par une vis sans fin qui paraît donner des résultats bien supérieurs comme rendement et silence.

Le tracé de cette vis n'a pas été sans présenter de grandes difficultés et n'a pu être résolu que par tâtonnements à cause des chocs et vibrations.

La forme du moteur varie d'ailleurs suivant les besoins; pour de grandes vitesses sur des routes à rampes modérées, on ne commande qu'un essieu; lorsque les rampes sont considérables, on doit appliquer à chaque essieu un moteur à deux armatures et disposer les roues héliçoïdales engrenant avec les vis sans fin, de façon que chaque roue soit indépendante. Dans ce but, une seule roue est clavetée sur un essieu, l'autre étant fixée sur un manchon ainsi que la roue héliçoïdale qui la commande. On peut ainsi passer dans des courbes de très faible rayon.

Le conducteur règle la marche de la voiture au moyen de deux leviers : l'un pour le changement de marche, l'autre pour les résistances. Les voitures comprennent les organes nécessaires à la conduite à chaque extrémité, mais il n'y a qu'un jeu de poignées que le conducteur transporte avec lui pour éviter l'intervention intempestive des voyageurs.

Exploitation.

Telle est la petite ligne de tramways de Blackpool ; il est intéressant de connaître quel en est le rendement.

Il n'a pas été très facile de mesurer le pourcentage exact de la force transmise depuis la force indiquée en chevaux aux machines jusqu'à la puissance recueillie à la jante des roues des voitures.

Pour les études, on n'admit qu'un rendement de 30 0/0, mais, d'après observations faites, il paraît plus près de 45 0/0. Comme le rendement des génératrices est environ de 0,90 et celui des moteurs 0,80, on ne doit pas chercher à gagner beaucoup de ce côté quoiqu'il soit possible de réduire la perte des génératrices à 5 0/0 et celle des moteurs à 10 0/0. L'arbre intermédiaire remplit un rôle trop important pour qu'on puisse s'en dispenser; cependant, avec des machines spéciales et des engrenages spéciaux, le même résultat pourrait être obtenu avec moins de frottements. Il est douteux qu'on puisse trouver pour les voitures un engrenage plus avantageux que la vis sans fin, surtout au point de vue du silence et de la simplicité.

Le point principal sur lequel il faut chercher l'économie pour l'avenir est la ligne elle-même d'abord dans un isolement plus parfait donnant par conséquent moins de pertes par écoulement, puis une continuité plus parfaite dans les conducteurs, et par conséquent moins de pertes par les résistances.

J'ai sous les yeux des feuilles d'exploitation assez intéressantes : elles sont faites à l'usine centrale toutes les semaines et indiquent les recettes et les dépenses pendant la semaine et, pour ne citer que les cas extrêmes de l'exploitation, j'y relève les chiffres suivants :

	Pour une semaine du mois de janvier.	Pour une semaine du mois d'août.
Nombre de voyageurs transportés. . .	1 698	52 542
— milles parcourus	1 104	2 896
Recettes. . . . . *f*	415	720
Dépenses (usine centrale, personnel, entretien) . . . . . *f*	10 150	920

Ainsi donc, pour une recette qui a passé de 415 *f* à 10 150 *f*, les dépenses d'exploitation n'ont augmenté que de 200 *f*.

TRAMWAYS DE BUDAPEST

La ville de Budapest, formée par la réunion des deux villes, de Bude et de Pesth, a pris, dans ces vingt-cinq dernières années, une extension considérable, surtout du côté de Pesth, et ce développement est dû en grande partie à sa situation géographique, au centre de la Hongrie sur les bords du Danube.

Ce n'est pas seulement une ville florissante, mais aussi une ville splendide, presque entièrement neuve, dont les artères sont taillées largement, suivant les principes les plus modernes; aussi, n'est-il pas étonnant qu'elle ait été une des premières à adopter un mode de transport en commun des plus perfectionnés.

Les tramways électriques de Budapesth ont été établis par la maison Siemens et Halsk de Berlin, en 1889. Ce sont, à l'heure actuelle, les plus importants parmi ceux qui utilisent le conducteur souterrain, et leur exploitation a été la première démonstration de l'efficacité réelle de ce mode de traction.

Le réseau comprend actuellement quatre lignes (de Barossgasse, Podmaniczkygasse, Ringstrasse et Keningsgasse), en partie à simple voie et en partie à double voie suivant la largeur des rues, et dont la longueur varie de 2 à 4 *km*. Les rues les plus étroites, dans lesquelles on a placé des lignes, à une seule voie bien entendu, sont celles qui atteignent dans les endroits les plus resserrés un minimum de 7,30 *m* entre les trottoirs. Quand la largeur ne descend pas au-dessous de 11,20 *m*, on a mis deux voies. La distance normale de l'axe de la voie au trottoir le plus rapproché est de 3,22 *m*.

Les plus fortes rampes atteignent sur la ligne de Barossgasse 1,9 0/0, et le rayon le plus faible sur la ligne de Podmaniczky descend à 22 *m*.

Caniveau et voie.

La voie *(fig. 16 et 17)* présente l'aspect extérieur d'une voie de tramway ordinaire; il n'y a pas, comme à Blackpool, de rainure centrale, car c'est la gorge de l'un des deux rails qui est utilisée pour le passage du collecteur qui recueille le courant sur les câbles souterrains. En effet, alors que l'un des rails est d'un type ordinaire, l'autre, placé directement au-dessus du canal, est composé de deux parties non entretoisées; ces rails spéciaux reposent sur des chaises que je décrirai plus loin.

Les rails ne sont d'ailleurs pas employés au retour du courant qui circule dans les deux sens à travers les fils du canal souterrain.

Celui-ci présente intérieurement la forme d'un œuf de 0,33 *m* de hauteur sur 0,28 *m* de largeur maximum.

Ce cylindre est coupé suivant sa génératrice supérieure et sa fente coïncide avec le vide du rail qui se trouve placé au-dessus.

A des intervalles de 1,20 *m* sont placés les cadres ou chaises en fonte dont la forme extérieure est carrée et dont le vide intérieur épouse exactement la forme du canal en béton; les cadres, pourvus d'une nervure de 0,18 *m* qui en fait le tour, servent à assurer le profil du canal, à supporter et entretoiser les rails qui forment rainure; on y fixe également les isolateurs qui soutiennent le conducteur électrique.

Le canal est construit entre les cadres en béton comprimé, le fond est 0,57 *m* au-dessous du rail et les cadres qui, pendant la construction, remplissent le rôle de gabarit, servent ensuite à le consolider.

Les rails qui sortent des usines Hartmann sont à patin ou plutôt à demi-patin; ils sont solidement fixés aux cadres en fonte au moyen d'équerres en fer forgé, le bord intérieur longeant la rainure du canal; ce sont donc les cadres qui doivent assurer le maintien de la largeur de la fente qui est de 0,033 *m*. Cette largeur (qui ne serait d'ailleurs pas tolérée ici) a été choisie pour permettre le passage des boudins des roues dans les courbes; au point de vue électrique, il est absolument inutile qu'elle soit aussi grande.

Enfin, les rails ont été calculés de façon que leur moment résistant soit suffisant pour s'opposer à la flexion sous l'influence des roues les plus lourdes qui circulent dans les rues, placées au milieu de l'intervalle qui sépare deux supports.

J'ai dit que les isolateurs qui supportent les conducteurs électriques sont fixés aux cadres en fonte; ces conducteurs sont en fer cornière placés de chaque côté du caniveau, mais ils diffèrent de ceux de la première construction de Blackpool en ce qu'au lieu de servir au même sens du courant, l'un est parcouru par le courant d'aller et l'autre par le courant de retour. On évite ainsi les effets d'électrolyse des conduites voisines et les influences désastreuses parfois pour les lignes télégraphiques et téléphoniques.

Cette disposition peut donner lieu, il est vrai, à la création de courts circuits par la chute d'un objet métallique restant accroché

aux deux conducteurs, mais l'expérience a prouvé, qu'en somme, cet accident est rare ; d'ailleurs on a eu soin, pour l'éviter autant que possible, de protéger les conducteurs en les plaçant à l'abri sous les rails, de manière qu'ils ne puissent être ni vus ni atteints de l'extérieur. De plus, on les a fixés le plus haut possible au-dessus du fond du canal pour que l'eau des rues qui y tombe puisse s'écouler sans les atteindre.

Pour se débarrasser de ces eaux, on a construit de distance en distance des puits où elles s'amassent et s'écoulent à l'égout.

D'ailleurs, comme les fondations du canal ne sont nulle part à plus de 0,78 *m* au-dessous du rail, il n'y a aucun danger d'inondation du canal par déversement de l'égout.

L'enlèvement des neiges s'effectue au moyen d'une sorte de balayeuse électrique.

Comme je l'ai déjà dit, le second rail de la voie est d'un type quelconque. On avait même songé à employer un rail plat, il n'y aurait donc eu qu'une seule rainure à la surface du sol, mais on s'en est tenu au rail à gorge, parce que plusieurs lignes de tramways ordinaires empruntent dans certaines parties les lignes des tramways électriques.

Collecteur.

Le collecteur est constitué par deux pièces frottantes qui épousent la forme des conducteurs contre lesquels elles sont tenues en contact par des lames de ressort isolées entre elles. Ces lames sont fixées à la partie inférieure d'une sorte de cadre en bois plat qui traverse la rainure et vient s'attacher sous la voiture. A la hauteur de la rainure, les pièces de bois sont recouvertes d'une feuille de tôle mince.

Des deux frotteurs partent des fils également isolés qui traversent la rainure entre les montants du cadre et de là joignent le moteur par l'intermédiaire des distributeurs, etc.

Courant. — Usine.

Le courant électrique, à la tension de 300 volts, qui sert à l'exploitation du réseau, est fourni par une seule usine centrale dans la Gartnergasse n° 22. La chaufferie comprend six chaudières multitubulaires, dont cinq de 98 m^2 de surface de chauffe et une de 212 m^2. Quatre chaudières sont constamment en service, une en réserve, une en nettoyage ou réparation.

La salle des machines comprenait primitivement trois machines de 100 *ch* ; chacune d'elles conduisait une dynamo de force correspondante par l'intermédiaire de câbles en chanvre. Mais, au bout de peu de temps, on dût monter quatre nouvelles machines de 200 *ch* qui actionnent directement quatre dynamos de même force par leur arbre. Toutes ces machines sont horizontales compound, à condensation.

L'eau de condensation est fournie par deux vastes citernes, mais en prévision du manque d'eau en été, on a établi dans la cour de la station des refroidisseurs à air. Des pompes centrifuges et un ventilateur, mus par l'électricité, assurent le fonctionnement de ces refroidisseurs.

Le courant produit par les machines passe au tableau principal de distribution, d'où il est envoyé par des câbles enveloppés et armés, directement posés en terre, en quatre points du réseau.

Des boîtes de distribution se trouvent à chacun de ces points et des câbles plus petits les réunissent aux conducteurs de la ligne.

En même temps, une partie du courant sert à actionner diverses petites machines dans les dépôts et ateliers, ainsi qu'à charger une batterie d'accumulateurs utilisée pour l'éclairage des bureaux, salles des machines, des chaudières, cours, etc., et, lorsque le soir les machines sont arrêtées, la même batterie envoie un courant par la ligne même aux deux dépôts suburbains pour l'alimentation des lampes à arc, tant que durent les opérations de nettoyage et de réparations des voitures.

Il y a deux dépôts avec ateliers de réparation, dont un seul peut contenir plus de 80 voitures; les remises sont desservies par un pont roulant; l'atelier de réparation comprend la serrurerie, la menuiserie, la peinture, et il est pourvu d'un moteur électrique qui prend son courant sur la ligne même.

Les bureaux, l'usine centrale, les dépôts et les stations sont réunis par un téléphone dont le bureau central se trouve dans le bureau de la Gartnergasse.

Voitures.

Les voitures ne présentent dans leur aspect extérieur rien de particulier, si ce n'est qu'elles portent en avant et en arrière deux tampons avec barres d'accrochage pour permettre aux automobiles de remorquer des voitures.

Sous le parquet, entre les deux essieux, se trouve le moteur

enfermé et convenablement abrité dans un coffre. Le mouvement est transmis à l'essieu moteur ou aux deux au moyen de chaînes.

Les résistances qui servent à faire varier la puissance ou la vitesse sont placées sous les plates-formes en deux groupes (dont un seul suffit généralement pour les besoins du service).

L'introduction du nombre voulu de résistances dans le circuit se fait au moyen d'un cylindre également placé sous la plate-forme.

Ce cylindre est commandé de chaque bout par une seule manivelle mobile. La même manivelle sert également à couper le courant ou à renverser le sens de la marche, ce qui se fait en agissant sur les liaisons mécaniques.

La vitesse maximum permise est de 15 *km* à l'heure, mais dans les parties larges de la Podmaniczkygasse on atteint 18 *km*; par contre, on descend à 10 dans les rues étroites et même 6 aux carrefours. Chaque voiture fournit un parcours moyen de 120 à 130 *km* par jour, quelquefois même 150 *km* en 16 heures.

Résultats d'exploitation.

L'exploitation est faite au moyen de 92 voitures automotrices et 10 voitures à remorquer.

Le nombre total de kilomètres parcourus pendant l'année 1894 a été de 3 309 783, et le nombre des personnes transportées a été de 15 424 552, donnant une recette de 1 175 280 florins, soit 2 350 000 *f*, et en y ajoutant diverses recettes secondaires 1 222 258 florins, soit 2 444 000 *f*. Les dépenses totales d'exploitation se sont élevées à 770 696 florins, soit 1 541 400 *f*, laissant un bénéfice net de 900 000 *f* environ.

Dans les dépenses, l'entretien et la surveillance de la voie entrent pour 57 462 florins, le service de la traction pour 310 291 fl., l'administration et le service commercial pour 115 538 florins.

On voit par ces chiffres que l'entretien de la conduite n'absorbe pas une part trop large des recettes, et, cependant, le service se trouve très suffisamment assuré. C'est intéressant à noter.

SYSTÈME LOVE

Je viens de décrire les deux systèmes employés en Europe pour la traction électrique avec prise continue de courant sur câble souterrain; mais c'est loin d'être les seuls existants. Il y a

d'abord ceux qui fonctionnent en Amérique, et parmi ceux-ci je vous dirai quelques mots du système Love dont j'ai vu un modèle à Londres. Je décrirai, d'ailleurs, simplement la disposition générale du caniveau et du collecteur.

Les deux caractéristiques principales sont le mode de fixation des conducteurs et le trolley.

Le canal représenté figure 18 est situé dans l'axe de la voie et la rainure du caniveau est toujours formée par deux fers U, mais posées autrement qu'à Blackpool. La branche horizontale est en dessus et les ailes sont pendantes; cette disposition a l'inconvénient de créer sur le sol une large bande métallique qui ne doit pas constituer un agrément pour la circulation des autres voitures, mais, en revanche, elle permet de remonter beaucoup les conducteurs et, par suite, de mieux les abriter.

Les conducteurs *(fig. 19 et 20)* en fil de cuivre rigide sont supportés par des tassaux qui sont eux-mêmes suspendus librement à des sortes de fourches fixées de place en place aux cadres en fonte. Cette disposition permet la dilatation et la contraction sous l'influence de la température des conducteurs. M. Love s'est beaucoup attaché à cette question, car il trouve, non sans raison, qu'un des principaux inconvénients provient non pas du manque d'isolement des isolateurs, mais de leur rupture par suite des dilatations. Les conducteurs dont je viens de parler, et sur lesquels se fait la prise du courant, ne sont pas continus, ils sont interrompus tous les 150 *m* environ, toujours en vue de la dilatation, et sont tenus tendus par des sortes d'ancre à ressort. Ils sont alimentés par des feeders situés dans une conduite latérale fermée. On peut isoler chaque tronçon au moyen de coupe-circuits placés sur les jonctions.

Le collecteur *(fig. 21)* est constitué par une roue de trolley comme dans les lignes aériennes, ou plutôt par deux roues de trolley, car il y a deux fils : l'un pour le courant positif, l'autre pour le courant négatif.

Je n'insiste pas sur la description de la voie; les cadres portent de chaque côté de grandes ailes ou jougs qui supportent les rails de roulement; le tout est bloqué dans le béton et assure une grande solidité à la voie.

De distance en distance se trouvent des regards avec puits pour le nettoyage du canal.

Des tramways de ce système fonctionnent en Amérique, à Washington, Chicago, New-York, etc.

SYSTÈME WALLER-MANVILLE

Je décrirai encore rapidement un système dont j'ai vu également un modèle à Londres : je veux parler du système Waller-Manville; d'ailleurs, s'il n'est pas encore entré dans le domaine de la pratique, je crois qu'il ne tardera pas beaucoup à subir cette épreuve; c'est à ce titre que je vous en parlerai, et aussi parce qu'il présente une particularité intéressante.

En effet, le point essentiel de ce système est l'emploi d'un conducteur flexible assez petit pour être mis en place ou retiré du caniveau par la rainure.

Le but que les inventeurs se sont proposé en adoptant le fil flexible a été de permettre d'augmenter la distance entre les supports, tous les 10 *m* par exemple; leur nombre étant diminué, ils n'ont pas craint de les placer dans des sortes de chambres latérales, auxquelles ils ont donné un développement assez grand pour permettre d'y placer des isolateurs aussi soignés que possible. La visite s'en fait en soulevant le couvercle des boîtes ou chambres. C'est également par ce moyen qu'on retire en cas de besoin le collecteur.

Celui-ci a la forme d'un U et, en marchant, soulève le fil qu'il retient entre ses deux branches.

La figure 22 représente une coupe transversale du chenal. Le canal est supposé, comme à Budapesth, placé sous l'un des rails de roulement. Celui-ci est composé de deux fers juxtaposés laissant entre eux la rainure nécessaire et supportés par des cadres espacés de distance en distance. Le caniveau est rejeté entièrement sur un seul côté de la rainure; il est en béton, le plafond seul est formé par une tôle. On voit comment le fil est porté sur une sorte de crochet fixé dans un fort isolateur à huile. Quand le collecteur passe, il soulève le fil qui retombe ensuite sur le crochet support. Le tuyau que l'on voit sur le côté sert à la pose de feeders dans le cas où l'importance de la ligne obligerait à en employer. Ce cas se présenterait d'ailleurs peut-être plus souvent avec ce système qu'avec les autres, car pour conserver la flexibilité du distributeur de courant, on est obligé de ne pas lui donner une trop forte section.

Voyons maintenant comment on réalise le passage dans les courbes et comment on maintient une tension uniforme dans le fil.

La figure 23 montre le support dont on se sert dans les courbes. On remarquera que le bras auquel le conducteur est attaché étant monté à charnière s'enlève avec le fil au moment du passage du collecteur; il est donc parfaitement mobile dans le sens vertical, mais résiste absolument à tout mouvement horizontal dans n'importe quel sens.

Sur les figures 24 et 25 on voit la disposition employée pour maintenir une tension constante dans le câble. L'appareil rappelle le précédent, mais le câble, au lieu d'y être continu y est interrompu et alors que l'un des brins est attaché d'une manière invariable à l'une des extrémités du support, l'autre brin s'engage dans un logement et vient s'enrouler sur deux poulies pour venir porter un poids tendeur. Quand le collecteur passe, le support se soulève comme celui des courbes, mais il faut remarquer que comme le brin tendeur qui porte le poids passe contre l'axe de rotation, ce mouvement n'influence pas le poids; celui-ci, dans son mouvement de tension, se meut dans une sorte de puits en poterie *ad hoc*. Les inventeurs estiment qu'un tendeur de cette nature ne sera nécessaire que tous les 500 *m* environ.

Il est difficile de prévoir d'avance, d'une manière absolue, si au moment de la mise en service il ne se révélera pas quelques nouvelles difficultés à vaincre, mais il est certain que ce système se présente avec un cachet de simplicité qui n'est pas sans charme.

On voit par ce qui précède, et je n'ai pas tout décrit, il s'en faut de beaucoup, que les systèmes ne manquent pas pour la traction électrique avec prise de courant sur câble souterrain et les exemples que je viens de décrire sont des plus encourageants; le service s'y fait d'une manière très pratique et suffisamment régulière. Mais est-ce à dire qu'on y a atteint le dernier terme du perfectionnement? je ne le crois pas et il est hors de doute que ces systèmes ont un défaut commun qui peut être grave dans certains cas : c'est la difficulté de visite et d'entretien. Comme il n'existe pas encore d'isolateur parfait, il est indispensable de pouvoir au moins, le cas échéant, remplacer facilement cet accessoire; de plus, pour avoir un bon rendement, il faut pouvoir nettoyer souvent les conducteurs de courant; j'ai déjà dit plus haut que de ce côté seulement on peut chercher une augmentation de rendement. C'est pour la première raison que nous avons vu que tous les systèmes décrits comportent des boîtes assez rapprochées avec des regards à la surface

du sol; mais ce procédé de visite est à peu près impraticable pendant la journée dans les rues où la circulation est intense (comme dans la rue Rochechouart par exemple), on doit donc attendre la nuit, ce qui rend le travail plus coûteux et surtout ne permet pas les réparations immédiates en temps utile.

Quant à l'entretien en état de propreté des conducteurs, il est partout à peu près impossible; on a déjà beaucoup de peine à les tenir à l'abri des inconvénients qui résultent de l'introduction de pierres ou de tiges métalliques, soit par accident, soit par malice.

Ces deux conditions, au contraire, se trouveront complètement remplies, si le petit caniveau est remplacé par une sorte d'égout placé sous la voie et dans lequel un homme pourra circuler librement. Si on a soin d'y établir l'éclairage électrique, des postes téléphoniques reliés à l'usine, une voie de roulement pour wagonnets comme ceux de nos égouts, on réussira à établir une surveillance pour ainsi dire préventive qui assurera le meilleur rendement possible.

Cet avantage justifie pleinement, à mon avis, le surcroit de dépenses de premier établissement qu'entraine la construction de l'égout de visite, et encore cette différence n'est-elle pas aussi grande qu'on pourrait le supposer au premier abord, surtout quand il s'agit d'une ligne à deux voies pour lesquelles un seul égout placé dans l'entrevoie suffit.

On supprime, en effet, les puits où doivent s'accumuler les eaux, etc., les tuyaux de déversement aux égouts de la ville qui doivent être très nombreux avec les petits caniveaux et je crois pouvoir affirmer que la dépense supplémentaire du grand caniveau se récupère amplement par la diminution des frais de surveillance et par l'augmentation du rendement et la sécurité de l'exploitation.

Aussi est-ce avec raison que l'administration supérieure a exigé le grand caniveau pour la ligne de tramways électriques dont la concession vient d'être accordée à Paris pour le parcours de la place Cadet à la porte de Montmartre.

C'est le projet définitif de cette ligne, telle qu'elle sera exécutée, que je vais décrire.

TRAMWAYS DE PARIS

La concesssion des tramways électriques a été accordée après adjudication, au printemps dernier, à la Société d'études françaises et étrangères. L'étude de la partie électrique a été faite d'accord avec M. Hermann, représentant en France des procédés Holroyd-Smith. La ligne partira de la Place Cadet pour aboutir à la Porte de Montmartre en suivant les rues Cadet, Rochechouart, Clignancourt, Ramey, Hermel, Ordener et la rue du Poteau dans toute sa longueur.

Elle aura une longueur totale de 2 500 *m* et franchira, de la place Cadet à la Porte-Montmartre, une différence d'altitude de 45 *m*.

La ligne sera construite en voie double sur 1 822 *m* de la Porte Montmartre à l'avenue Trudaine et en voie simple sur 678 *m* environ de l'avenue Trudaine à la place Cadet.

La pente la plus forte est de 6 *cm* par mètre sur 37 *m* seulement, dans la rue Rochechouart. Les autres pentes sont, en moyenne, inférieures à 3 *cm* par mètre.

Le plus faible rayon des courbes est de 32 *m*.

Les quartiers traversés sont des plus populeux de Paris et de ceux où la circulation est des plus actives toute la journée et on compte sur un mouvement de près de 20 000 voyageurs par jour.

Voie. — Caniveau.

La voie est à la largeur d'un mètre.

La prise de courant se fera par la rainure de l'un des rails sous lequel se trouveront les câbles d'aller et de retour du courant, car les rails ne seront parcourus par aucun courant. Dans les parties à deux voies, les rails extérieurs seront d'un type quelconque à gorge; les rails intérieurs seront composés d'un rail et d'un contre-rail de forme spéciale posés côte à côte de façon à laisser entre eux l'espace nécessaire pour le passage du collecteur.

J'ai représenté, figure 26, la coupe transversale de la ligne et figure 27 une portion de coupe longitudinale.

Chaque ensemble, formé d'un rail et d'un contre-rail, est fixé par des boulons à une chaise en acier placée tous les mètres. Cette chaise est constituée par une poutrelle double sciée et découpée de façon à ménager un espace libre de 13 *cm* de largeur

sur 20 *cm* de hauteur pour le passage des conducteurs et du collecteur de courant. Pour la partie en double voie une deuxième chaise semblable supporte le rail et le contre-rail de la seconde voie. Ces deux chaises sont maintenues entre elles par une entretoise de 50 × 8.

L'ensemble des deux chaises est fixé à une même poutrelle de fer de 20 *cm* de hauteur; il y a donc une poutrelle tous les mètres.

Les poutrelles reposent au moyen de semelle en fonte sur les deux piédroits de la maçonnerie du caniveau. Celui-ci est constitué par un grand égout, du type des égouts de Paris, de 1,70 *m* de hauteur sous clef, servant à la visite et aux réparations. Les murs intérieurs et le radier sont recouverts d'un enduit en ciment de Portland.

Pour faciliter les visites et le transport des matériaux, plusieurs wagonnets pourront circuler à la partie inférieure du caniveau; la voie sera constituée par deux fers cornières scellés dans la maçonnerie. De chaque côté du caniveau, à la partie supérieure, se trouvent les deux petits canaux sous rails qui renferment les conducteurs sur lesquels se fait la prise du courant et qui sont complètement visibles de l'intérieur et à portée de la main sur toute leur longueur.

Plate-forme. — La plate-forme de l'entre-voie est supportée par des voûtelettes en briques reposant sur l'aile inférieure des poutrelles; la portée de ces voûtes est donc égale à l'écartement de deux poutrelles, c'est-à-dire à 1 *m*.

Les reins de la voûte sont remplis de béton qui supporte la forme en sable de 0,08 *m* d'épaisseur, et le pavage sur 0,16 *m*. Dans l'entre-rails et jusqu'à 0,60 *m* de chaque côté des rails extérieurs, la forme repose sur une fondation en béton de 0,15 *m* d'épaisseur.

Entretoisement. — Selon l'usage, et pour résister aux poussées latérales du pavage, les rails seront entretoisés de la façon suivante :

Dans l'entre-voie, par une entretoise de 50 × 8 tous les 2 *m*.

Dans l'entre-rails, par une entretoise de 50 × 8 tous les mètres.

Partie électrique. — La transmission de force est assurée, entre l'usine et les voitures, tout le long du parcours, par *deux feeders*, l'un pour le courant positif, l'autre pour le courant de retour,

partant de l'usine et parcourant le grand caniveau sur toute sa longueur. Ces feeders, à isolement parfait, sont maintenus tous les $\frac{1}{4}$ *m* par l'intermédiaire de supports.

Tous les 100 *m*, une double dérivation établit la connexion entre les feeders et les conducteurs de prise de courant qui sont en acier et en forme d'⅃. Ces conducteurs sont logés dans les deux petits caniveaux ménagés dans les chaises.

Les connexions avec les feeders sont établies au moyen de câbles souples isolés, pourvus, à une extrémité, d'une cheville pénétrant dans une douille fixée au feeder et permettant d'interrompre facilement le courant lorsqu'on désire le couper sur une section du parcours.

Les conducteurs en acier sont supportés tous les 2 *m* par des pièces en fonte, en forme de potence, boulonnées sur les poutrelles; des isolateurs en porcelaine, en forme de double cloche, assurent l'isolement de chacun des conducteurs avec la charpente.

Chaque petit caniveau, et, par conséquent, chaque voie (montante ou descendante) possède donc un conducteur positif et un conducteur négatif.

Tous les 300 *m*, des sonneries ou appareils téléphoniques seront installés dans le grand caniveau pour mettre en communication chaque section du parcours avec la station génératrice.

Des prises de courant placées de distance en distance permettront également l'éclairage du caniveau.

Collecteur.

Le collecteur a la forme d'une navette glissant contre l'âme des conducteurs en acier, le contact étant assuré par des ressorts. La navette est attachée d'une façon flexible à une sorte de charrue suspendue à la voiture; l'une et l'autre sont disposées comme à Blackpool, de manière que, si la voiture, pour une cause imprévue venait à dérailler, elles se détacheraient en coupant la connexion mécanique et électrique de la voiture sans causer de rupture.

On voit donc que le courant d'arrivée et le courant de retour sont parfaitement isolés l'un de l'autre, ainsi que de toutes les parties métalliques de la voiture ou de la charpente souterraine, et que le retour est parfaitement assuré par un feeder spécial.

Usine.

L'usine comprendra trois machines à vapeur de 150 *ch* chaque, l'une servant de rechange. Le groupe des chaudières comportera également une chaudière de réserve.

Trois dynamos d'une puissance de 100 000 watts chacune seront actionnées par des poulies, au moyen de câbles ou courroies, à une vitesse de 500 tours par minute.

L'une de ces dynamos servira de rechange. Chacune sera à excitation indépendante et produira un courant continu de potentiel égal à 500 volts.

L'excitation sera produite par deux dynamos de 11 000 watts chacune, fournissant un courant de 110 volts. Ces dynamos excitatrices serviront également à l'éclairage de l'usine, etc.

Le tableau de distribution comprendra tous les appareils usuels nécessaires pour la mise en marche, l'arrêt des machines, le réglage du champ magnétique, le contrôle, la sécurité, etc., ainsi que les appareils de mesure à simple lecture ou enregistreurs qui seront nécessaires.

Voitures.

Les voitures seront construites pour transporter trente-six voyageurs d'intérieur et plate-forme. Il n'y aura pas d'impériale.

Il y aura deux sortes de voitures : la voiture automobile et la voiture d'attelage : toutes les deux seront munies de moteurs, mais la voiture automobile seule portera les appareils de manœuvre et de contrôle nécessaires pour la marche des deux voitures qui seront reliées mécaniquement et électriquement. Les moteurs et engrenages seront portés sur un truc, les caisses des voitures étant mobiles et interchangeables.

Les moteurs consistent, pour chaque voiture, en une double armature de 10 *ch* chaque; la force est communiquée aux axes au moyen d'engrenages à dispositions spéciales, facilitant notamment le passage dans les courbes, que j'ai décrits au sujet du tramway de Blackpool.

Les moteurs seront commandés par un contrôleur à résistance fluide, combiné avec un appareil permettant de les mettre en série ou en dérivation, de renverser le courant, de le couper, etc.

J'espère que nous verrons bientôt rouler les premières voitures de cette ligne et je suis convaincu, que grâce à l'expérience acquise dans les autres exploitations, il n'y aura que des succès à enregistrer.

CONDUCTEURS SOUTERRAINS SANS COMMUNICATION DIRECTE AVEC LE COLLECTEUR

Ma communication sur les tramways à conducteurs souterrains serait incomplète si je ne disais quelques mots d'un cas particulier : celui dans lequel le canal, qui renferme le conducteur, n'a aucune communication directe avec la voie.

Je serai du reste très bref sur ce sujet qui sort un peu du cadre de ma communication.

Le principe général est le suivant : au niveau du sol parallèlement à la voie entre les rails ou en dehors se trouve une série de pièces métalliques, sortes de rails plats, ayant quelques mètres de longueur placées bout à bout et séparées entre elles par un intervalle suffisant pour assurer leur isolement électrique.

C'est sur ces pièces nommées « contacts » réunies aux câbles souterrains qui jouent alors le rôle de feeders que le collecteur des voitures vient prendre le courant.

Mais afin d'éviter tout danger pour la circulation du public le courant ne doit passer dans chaque contact qu'au moment où le tramway arrive au-dessus et cesser aussitôt après.

Cette disposition n'est pas nouvelle, c'est même une des premières qui soient venues à l'esprit des inventeurs et les tramways de ce genre ont existé avant ceux qui ont un canal pourvu d'une rainure comme ceux que j'ai décrits.

S'ils ne se sont pas répandus, c'est que d'abord ils n'ont pas jusqu'ici donné de résultats bien intéressants au point de vue de l'économie de construction et surtout parce que l'on est pas parvenu à établir un isolement suffisant et que par suite de l'humidité du sol il s'établit toujours des courants directs entre le rail d'aller et le rail de retour.

Le premier exemple de tramways de ce genre qui ait fonctionné, du moins à ma connaissance, est celui qui fut monté par M. Holroyd Smith à l'Exposition du cinquantenaire des chemins de fer à Vincennes.

Voici quel était en principe son fonctionnement, qui se comprendra aisément d'après le schéma de la figure 28 : C représente le feeder noyé dans le sol, R le rail du tramway, *bb'* les lames sur lesquelles circulent les sabots en connexion avec la batterie et *m* les lames sur lesquelles circule le sabot en connexion avec le moteur dont le courant est d'ailleurs fermé par le rail.

On voit que lorsque les sabots de contact de la batterie sont sur *b* et *b'* le courant se trouve fermé par les fils 4 et 5 à travers l'électro-aimant 3.

Celui-ci attire alors la pièce de contact 6 et le courant est transmis du feeder C à la lame conductrice *m* par l'intermédiaire des fils pointillés 8, 6, 7.

Lorsque la voiture avance, le même phénomène se passe dans la section suivante et ainsi de suite.

C'est ce qui est représenté schématiquement, dans la figure 23: D est la dynamo génératrice; la voiture T porte le moteur M et la batterie B, celle-ci est reliée au rail R par l'intermédiaire des roues. On voit en suivant les fils comment passent les courants. Celui de la batterie est représenté par des flèches en pointillés et celui de la ligne par des flèches en trait plein.

On remarquera que le collecteur *c* de la batterie est double et qu'entre les deux frotteurs se trouve celui du moteur, c'est pour que ce dernier arrive toujours dans un circuit déjà fermé et quitte le précédent quand le courant y passe encore, on évite ainsi les étincelles aux pièces de contact 6 qui sans cette précaution se détérioreraient rapidement.

Pour simplifier la construction on peut supprimer une des barres *b* et utiliser dans le même but la barre *m* ou le rail. C'est ce qui est indiqué dans la figure 29.

Enfin pour rendre la surveillance plus facile on peut au lieu de placer dans chaque boîte seulement les deux électro-aimants qui ouvrent et ferment deux sections consécutives, en réunir au moyen de fils suffisamment longs un plus grand nombre. Dans ce dernier cas on peut remplacer la série des aimants par un seul aimant à anneau dont les pôles se déplacent à mesure de l'avancement.

Je n'insiste pas.

Comme je le disais, une ligne de ce genre fut installée par M. Holroyd Smith à l'Exposition du cinquantenaire des chemins de fer, et il y circula une voiture.

Le fonctionnement fut suffisant pour l'Exposition, puis ensuite l'installation fut remontée pendant quelque temps à Neuilly et enfin disparut sans qu'on en entende plus parler.

Lorsque l'idée fut reprise encore pour une exposition, celle de Lyon, par MM. Claret et Vuillemmer. Le principe est le même, seulement le courant secondaire qui produit la communication électrique entre le feeder et le contact sur lequel va s'engager la

voiture, est un courant pris en dérivation sur celui qui traverse actuellement la voiture et provient par conséquent du contact précédent.

C'est là une solution assez élégante, mais je crois que depuis cette époque on est revenu à l'emploi de la batterie secondaire pour assurer le contact.

Cette installation comporte un certain nombre de dispositions ingénieuses, mais je ne sais pas si au point de vue de l'isolement et par suite du rendement, les résultats furent très brillants.

Il y aurait, sur ce sujet, matière à une étude spéciale que je ne saurais entreprendre maintenant. Comme une voie de ce système est en construction à Paris, il sera plus intéressant d'en parler quand elle aura fait ses preuves.

Enfin tout récemment M. Thévenet Le Boul, Ingénieur des Ponts et Chaussées, eut une idée tout à fait de circonstance. C'est l'application du pneumatique à l'électricité. Le conducteur de forme annulaire est enfermé dans un tube de caoutchouc soumis à une certaine pression par l'air comprimé qu'il renferme, la génératrice supérieure du tube est garnie extérieurement d'une série de pièces de contact en communication électrique avec d'autres plaques intérieures à l'intérieur, sous l'influence d'un sabot que porte la voiture, le caoutchouc s'aplatit et le contact se produit avec le conducteur.

Je m'arrête bien qu'il reste encore beaucoup de choses à dire sur ce sujet, mais il faut savoir se limiter dès qu'on aborde une étude quelconque sur cette science si récente et déjà si répandue de l'électricité où chaque jour apporte son progrès.

Qu'il me soit seulement permis, pour terminer, d'exprimer l'espoir que la Ville de Paris ne s'arrêtera pas longtemps à son premier essai et que la traction, par des moyens aussi perfectionnés, se répandra rapidement, donnant peut-être à la population une solution partielle, mais non des moins importantes, du problème toujours posé du métropolitain.

CHRONIQUE

N° 190

Sommaire. — Machine à vapeur et à air chaud de Field. — Un mode de construction des volants. — Moteur à gaz pour tramways *(suite et fin)*. — Prévention de la fumée. — R. H. Tweddell.

Machine à vapeur et à air chaud de Field. — Alors qu'on entend de divers côtés annoncer la prochaine disparition de la machine à vapeur, qui serait arrivée à sa limite de perfectionnement, il semble que celle-ci, loin d'accepter cet arrêt, s'efforce tous les jours de réaliser de nouveaux progrès. Nous avons indiqué, dans une récente chronique (1) les remarquables résultats obtenus avec le moteur à grande surchauffe de Schmidt; nous allons donner ici la description du moteur à vapeur et à air chaud de Field qui, fondé sur une idée rationnelle, paraît susceptible d'apporter une amélioration importante à certains types de machines.

Le principe de ce moteur dû à la collaboration de M. E. Field, l'auteur de la chaudière bien connue et de M. F. Saunders Morris, consiste à introduire de l'air chaud à la fois dans l'enveloppe du cylindre et à chaque extrémité du même cylindre d'une machine ordinaire sans condensation.

Un ventilateur Root, actionné par la machine, aspire l'air extérieur et le refoule dans une série de tubes placés entre la chaudière et la cheminée, à peu près comme un économiseur de Green.

Cet air s'échauffe et, sous la pression de 100 à 120 *gr* par centimètre carré, est refoulé dans les fonds creux du cylindre. Dans ces fonds sont disposés des clapets ouvrant vers l'intérieur du cylindre. Ces clapets s'ouvrent d'eux-mêmes dès que l'échappement commence et se referment sous l'influence de la compression. L'air chaud pénètre à la température de 280° C. environ; en même temps l'enveloppe du cylindre est parcourue par de l'air à la température de près de 200° C.

Il résulte de cette disposition que la surface entière intérieure du cylindre est chauffée à une température bien supérieure à celle de la vapeur, ce qui doit avoir pour effet de réduire notablement, sinon supprimer entièrement, les condensations intérieures pendant l'admission et la revaporisation qui s'en suit.

Le professeur Andrew Jamieson, du Glasgow and West of Scotland Technical College, a communiqué à l'*Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland*, des expériences faites par lui sur un moteur construit par MM. Musgrave et C^ie^ de Bolton, et transformé dans le système Field.

Ce moteur était alimenté par deux chaudières de Cornouailles dont

(1) Chroniques de février et mars 1895.

les produits de la combustion étaient déchargés après avoir chauffé le surchauffeur d'air dans une cheminée de 12 *m* seulement de hauteur. Le tirage était assez faible et les conditions de vaporisation médiocres; mais, comme on ne se proposait que de déterminer la dépense de vapeur de la machine, les questions relatives à la consommation de combustible ont été considérées comme secondaires, bien qu'elles aient été toutefois l'objet de déterminations et de mesures. Ainsi le charbon a été pesé avec soin et les feux ont été laissés à la fin de l'essai autant que possible dans le même état qu'au commencement.

L'eau d'alimentation était jaugée dans des réservoirs de 453 *l* de capacité dont le nombre de remplissages était noté et donnait le volume d'eau employé; on tenait compte, aussi exactement que possible, des fuites.

La machine était du système Corliss sans condensation avec enveloppe, la seule modification était la disposition des fonds avec clapets pour l'introduction de l'air chaud; le diamètre du cylindre était de 0,485 *m* et la course de 0,915 *m*.

Les températures de l'air étaient mesurées au moyen de quatre thermomètres à haute températures disposés l'un à l'entrée de l'air, un autre à la sortie de l'enveloppe, et les deux autres dans les fonds creux du cylindre; un cinquième thermomètre, ordinaire celui-là, donnait la température de l'air extérieur.

On s'est servi de deux types d'indicateurs, l'un de Crosby, l'autre de Wayne.

Pour mesurer le travail sur l'arbre, on a appliqué directement un frein sur le volant de 4,88 *m* de diamètre et 0,61 *m* de largeur de jante. Ce frein était du type connu sous le nom de frein de la Société des Arts et formé de quatre brins d'une corde flexible de 25 *mm* de diamètre attachés à une extrémité à une balance à ressort et à l'autre à un contrepoids fixe. La jante du volant avait reçu une disposition pour la circulation de l'eau. Le nombre de tours était mesuré avec un compteur de Harding relié à l'arbre du volant.

La note du professeur Jamieson contient des tableaux très détaillés dont nous nous contenterons de donner le résumé. On voit qu'il y a eu deux essais, l'un à pleine charge, l'autre à travail très réduit: 104,6 *ch* au frein et 32,5 *ch*.

1	Date des essais		30 nov. 94	1er déc. 94
2	Durée des essais.	Heures.	5,00	3,20
3	Section du cylindre	*m*.	0,180	0,180
4	Course du piston	*m*.	0,915	0,915
5	Nombre de tours par minute.		81,66	82,23
6	Pression moyenne à la chaudière. . . .	*kg*.	8,05	8,03
7	Pression initiale au cylindre, d'après les diagrammes.	*kg*.	8,05	7,86
8	Pression finale au cylindre, d'après les diagrammes.	*kg*.	0	0
9	Pression moyenne effective, d'après les diagrammes.	*kg*.	2,26	0,95
10	Pression moyenne de l'air chaud	*kg*.	0,12	0,13

11	Température moyenne de l'air chaud à l'entrée au cylindre. . . . . Degrés C.	289	277
12	Travail moyen indiqué sur le piston . . *ch.*	136,75	57,6
13	Charge moyenne du frein . . . . . *kg.*	380	117
14	Travail moyen au frein mesuré sur l'arbre *ch.*	104,6	32,5
15	Rendement organique. . . . . 0/0.	76,5	67,6
16	Consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure . . . . . *kg.*	8,42	9,69
17	Consommation de vapeur par cheval au frein et par heure . . . . . *kg.*	11,00	14,33
18	Consommation de charbon par cheval indiqué et par heure . . . . . *kg.*	1,11	1,45
19	Consommation de charbon par cheval au frein et par heure . . . . . *kg.*	1,45	2,5
20	Température moyenne de l'eau d'alimentation . . . . . Degrés C.	15	16
21	Eau évaporée par kilogramme de combustible. . . . . *kg.*	7,5	6,6
22	Eau évaporée à 100° par kilogramme de combustible . . . . . *kg.*	8,9	7,9
23	Facteur de vaporisation	1,19	1,20

C'est précisément sur la différence relativement faible de consommation de vapeur par cheval, pour ces forces dans le rapport de 1 à 3, que le rapport attire l'attention. En effet, les consommations ont été de 8,42 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure pour le travail maximum, et seulement de 9,69 *kg* pour le travail réduit. Le professeur Jamieson considère que c'est là peut-être un des avantages les plus importants de ce système.

Il est bon de rappeler que la même machine, essayée par le professeur Kennedy avant sa transformation, avait donné une dépense de vapeur de 14 *kg* par cheval indiqué et par heure pour un travail à peu près égal à celui de la première expérience du tableau, soit environ 137 *ch*, avec un rapport organique de 83 0/0, ce qui donnerait à peu près 17 *kg* de vapeur par cheval effectif sur l'arbre.

Une question intéressante est celle du travail absorbé par la mise en mouvement de la soufflerie qui refoule l'air dans le cylindre. Le professeur Kennedy l'estime à 5 0/0 environ du travail total produit. Si on compare le rendement organique de la machine avant et après sa transformation, et qu'on attribue la différence entièrement à la mise en mouvement du ventilateur, on trouverait un peu plus. Mais si on considère que l'introduction de l'air chaud, dont le chauffage n'a rien coûté, en somme, puisqu'il a été effectué par la chaleur perdue, a donné une économie de 40 0/0, on estimera que le travail dépensé pour le refoulement de l'air laisse un bénéfice net très considérable.

Le rapport conclut en faisant remarquer la grande facilité avec laquelle le système peut être appliqué aux machines existantes, par le simple remplacement des fonds de cylindres, sans qu'il soit nécessaire de toucher aux organes de la machine ni à la distribution. Il ajoute que le

médiocre rendement de la machine et la mauvaise disposition du ventilateur n'ont peut-être pas permis d'avoir des résultats aussi bons qu'on aurait pu, mais que les expériences qui ont été faites sur la machine Field ont surtout pour but d'indiquer ce qu'on pourra plus tard obtenir dans cette voie rationnelle et simple d'amélioration de la machine à vapeur.

Il est regrettable, à notre avis, qu'on n'ait pas pu essayer séparément les résultats donnés par le chauffage à haute température de l'enveloppe et par l'injection d'air chaud dans le cylindre, pour permettre d'apprécier la part due à chacun de ces moyens de réduire la condensation initiale au cylindre. On sait qu'on a souvent essayé le chauffage des enveloppes par de l'air chaud sans résultats bien marqués, vu la faible quantité de calorique que peuvent céder les gaz comparativement à la vapeur. Nous reviendrons sur la question de la machine Field dès que de nouveaux renseignements auront été publiés sur ce sujet.

Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que la solution dont nous venons de parler ne pouvant s'appliquer qu'aux machines sans condensation, ne doit, bien que ces moteurs constituent une fraction très importante du total, être considérée que comme une solution particulière de la grande question de l'amélioration des machines à vapeur.

Un mode de construction des volants. — On sait que les cas de plus en plus fréquents de rupture de volants (dont nous avons rapporté déjà un certain nombre dans ces chroniques) ont appelé l'attention des constructeurs sur la nécessité d'établir ces pièces dans des conditions de sécurité plus grandes que par le passé.

M. S.-A. Cobb, de San Francisco, ayant eu à construire une poulie de 5,28 *m* de diamètre dans des conditions de poids et de prix et avec des garanties de sécurité très étroites, a adopté un mode d'établissement très intéresssant dont nous allons essayer de donner une idée suffisamment claire sans le secours de figures.

La jante se compose de quatre cornières rivées sur une âme verticale en tôle et formant une section en double T. Sur les cornières extérieures est rivée la jante formée d'une tôle de 0,75 *m* de largeur; l'âme dépasse à l'intérieur les branches horizontales des cornières inférieures.

Le moyeu est en fonte, il porte une saillie circulaire extérieure de chaque côté et quatre projections également à l'extérieur et dans le plan central perpendiculaire à l'axe. Le moyeu et la jante sont reliés ensemble de deux manières : 1° par une double série de douze bras en fer rond de 37,5 *mm* de diamètre, passant, d'une part, dans la saillie extérieure du moyeu, et, de l'autre, dans le bord horizontal des cornières extérieures de la jante, ces bras ayant une direction oblique dans chaque plan diamétral à la manière des rayons des roues de vélocipédes; 2° par huit tirants en fer rond de 50 *mm* de diamètre, partant des projections extérieures du moyeu et aboutissant par une fourche à la partie de l'âme de la jante dépassant à l'intérieur la face inférieure des cornières. Ces tirants, qui servent à empêcher le déplacement de la jante par rapport au moyeu, ne sont pas disposés suivant les rayons, mais font un angle avec ceux-ci; ils se trouvent dans le plan médian de la poulie perpen-

diculaire à l'arbre. Tirants et rayons sont mis en tension par des écrous doubles qui permettent de centrer la jante par rapport à l'arbre.

Voici quelques chiffres relatifs à cette poulie :

Diamètre extérieur	5,600 *m*
Longueur de la jante	0,760
Diamètre de l'arbre	0,254
Longueur de l'alésage du moyeu	0,559
Longueur totale du moyeu	0,813
Poids de la jante	5 210 *kg*
— des rayons et tirants	906
— du moyeu	1 495
Poids total de la poulie	7 611 *kg*
Poids de la jante par mètre courant	311 *kg*

A la vitesse de 120 tours à la minute, la totalité de l'effort dû à la force centrifuge peut être supporté par les rayons au nombre de vingt-quatre, avec un travail de 8 *kg* par millimètre carré de section. A la même vitesse, la jante, agissant seule, résisterait au même effort en travaillant à 1 *kg* par millimètre carré. Les rayons et la jante, faits tous deux en acier doux, résisteraient à l'effort correspondant à une vitesse de 150 *m* par seconde ou 540 *km* à l'heure, vitesse qui dépasse énormément celles qui peuvent se produire en pratique, même dans le cas d'un accident.

Ce mode de construction a été appliqué à une poulie de transmission, mais il peut être facilement modifié par d'autres formes de roues. Ainsi, on en ferait aisément un volant en superposant sur la jante un nombre suffisant d'épaisseurs de tôle rivées ensemble. On aurait ainsi un volant d'une résistance, pour ainsi dire, illimitée; il suffirait de vingt épaisseurs de tôle de 10 *mm* pour donner un poids de 21 *t*, qui, avec les 5 000 *kg* de la jante, donneraient un poids total de 26 *t*, produisant un effet régulateur considérable à cause de la grande vitesse qu'on peut lui donner sans aucun danger, comparativement aux volants de construction ordinaire.

Moteur à gaz pour tramways *(suite et fin)*. — *Système Montelar*. — Dans ce système, l'inventeur a prévu un moteur auxiliaire, actionné par de l'air comprimé qui sert à la mise en train jusqu'au moment où les moteurs à gaz proprement dits, disposés horizontalement, peuvent se mettre en marche. L'eau qui a servi à refroidir les cylindres est employée à chauffer la machine auxiliaire et le réservoir à air comprimé.

Système Krauss. — Dans le moteur à gaz de C. Krauss, de Linden, le gaz sort d'un réservoir en passant par un détendeur et se mélange à de l'air comprimé produit par un compresseur actionné par la machine. Le mélange se fait dans une espèce d'injecteur. La mise en train s'effectue à la main.

Nous pensons qu'il est utile de reproduire également la partie du rapport de M. Ziffer, relative aux moteurs basés sur l'emploi de produits

chimiques. Les moteurs de ce genre n'ont été, jusqu'à ce jour, employés qu'à titre d'essai; dans cette catégorie se rangent notamment les moteurs suivants :

Moteur à ammoniaque de Lamm (1). — Un moteur de ce type, construit par le Docteur Lamm, en 1871 à la Nouvelle-Orléans, a fait l'objet de divers essais de la part du général G.-T. Beauregard sans donner de résultats pratiques.

Moteur à ammoniaque de Mac Mahon. — L'ancien ingénieur en chef de la marine des États-Unis, M. P.-F. Mac Mahon, a eu le mérite de perfectionner le moteur à ammoniaque au point de le rendre applicable aussi bien à la traction des tramways qu'à d'autres services et de le faire entrer dans la pratique avec le concours de la *Ammonia Motor Company* de New-York.

Ce nouveau moteur ressemble sous beaucoup de rapports à un moteur à vapeur; il n'a cependant pas de foyer et la vapeur ou plutôt le gaz s'échappe après avoir travaillé sans vicier l'atmosphère. Le système est basé sur la propriété de l'ammoniaque anhydre d'entrer en ébullition à la pression atmosphérique et à la température de — 33,6° C.; en chauffant ce liquide à 27° C., on obtient une pression de 10 1/2 *atm.*

La vapeur d'ammoniaque est amenée aux cylindres dans lesquels elle agit comme la vapeur d'eau dans les locomotives ordinaires. La vapeur d'échappement est ramenée dans un réservoir à eau qui entoure le réservoir d'ammoniaque et se dissout dans l'eau qui peut absorber 1 700 fois son volume de vapeur ammoniacale et s'échauffe en même temps. La perte d'ammoniaque par les fuites n'est que de 10 0/0 par an, ainsi qu'il résulte des expériences faites sur une voiture complètement chargée, par M. George Hopkins à Westminster, Londres, une autorité en matière de tramways et les frais de distillation de la dissolution aqueuse ne s'élèvent qu'à 0,19 cent par voiture-kilomètre.

Les appareils employés pour les voitures de tramways longues de 4,90 *m* chargés pour un parcours de 40 *km* ne pèsent pas plus que les les appareils électriques d'une voiture automotrice de mêmes dimensions. Il parait démontré que, si l'on emploie des remorqueurs (dummy) on peut charger l'appareil pour un trajet de 80 *km.*

Les voyages d'essai à Chicago ont indiqué une consommation de 1,1 *kg* de charbon et de 8 *l* d'ammoniaque par mille anglais (1 610 *m*), les frais de traction se sont élevés à 0,167 *f* par kilomètre.

Il parait qu'à égalité de nombre de voitures et dans les mêmes conditions de trafic, le coût de l'installation est inférieur de moitié au coût d'une installation de traction électrique. L'installation complète d'une ligne de 16 *km* armée de 30 voitures ne coûterait, stations de chargement comprises, que 66 000 *f* par kilomètre.

Une voiture automotrice de 30 *ch* peut effectuer avec une seule charge un parcours de 72 *km* en consommant 13,6 *l* d'ammoniaque anhydre

(1) Il est juste de rappeler que notre collègue M. Tellier avait depuis longtemps proposé l'emploi de l'ammoniaque pour la traction des véhicules et publié d'intéressantes études sur ce sujet.

par heure lorsque la voiture automotrice roule seule et 27,2 *l* lorsqu'elle remorque deux voitures d'attelage.

La voiture seule peut marcher à la vitesse de 32 *km* en rampe de 5 0/0; avec deux voitures d'attelage, la vitesse est réduite à 16 *km* à l'heure. Dans les derniers temps, un moteur à ammoniaque de ce genre a été mis en service sur la ligne de la vingt-deuxième rue de New-York et actuellement on a mis en construction de nouveaux moteurs perfectionnés de 50 *ch* qui sont adaptés sous le plancher de la voiture. Le frein est actionné, à peu près comme les freins à vapeur, par la vapeur d'ammoniaque qui se décharge également dans l'eau. La voiture automotrice doit marcher à la vitesse de 32 *km* par heure et doit gravir des rampes de 8 0/0 à la vitesse de 10 *km* en remorquant deux voitures d'attelage, soit une charge de 9 *t*.

M. Hermann Haupt évalue comme suit les frais de premier établissement et d'exploitation d'une ligne de 6 milles (9,6 *km*) de longueur à double voie, pour un service de deux en deux minutes, en se basant sur les expériences faites à la Nouvelle-Orléans avec des moteurs à ammoniaque :

Acquisition de terrains	Dollars.	33 000
Bâtiments et appareils		80 000
Voies et pavage		287 000
75 voitures et moteurs		262 500
Divers		20 000
TOTAL.	Dollars.	682 500

soit 385 000 *f* environ par kilomètre.

Intérêts à 6 0/0 du capital de premier établissement 41 000 *f*.

Nombre de voitures-milles parcourus annuellement 2 102 400.

Intérêt par voiture-mille en cents 1,95.

Frais d'exploitation par voiture-mille en cents, intérêt compris : 21,87 cents ou 0,74 *f* par voiture-kilomètre.

Frais de traction, sans main-d'œuvre : 8,20 cents ou 0,277 *f* par voiture kilomètre.

Combustible : 1,30 cents ou 0,044 *f* par voiture-kilomètre.

Moteur à acide carbonique. — L'ingénieur Herbetz a proposé d'employer pour la traction des tramways l'acide carbonique liquide qui possède, sous un petit volume, une puissance considérable.

La disposition du moteur est la suivante : l'acide carbonique, renfermé à l'état liquide dans un réservoir, pénètre à l'état de gaz à haute tension dans l'espace libre compris entre la double paroi d'une chaudière remplie de carbonate de soude et de potasse et se rend ensuite par un serpentin plongé en partie dans un réservoir contenant de la soude caustique chaude aux cylindres de la machine motrice après avoir acquis sur son passage une certaine température.

La « New-York Power Cy » à New-York, possède un brevet pour l'utilisation de la force accumulée dans l'acide carbonique amené à l'état liquide pour la traction des tramways.

Chaque voiture porte un récipient rempli d'acide carbonique liquide,

comprimé à 70 *kg* par centimètre carré, lequel laisse échapper à travers un détendeur cet acide carbonique qui se rend aux cylindres du moteur et actionne le piston. La consommation d'acide carbonique est évaluée à 4 1/2 *kg* par 24 chevaux-heures, ce qui correspond à une dépense d'environ 1,50 *f* par cheval et par jour.

Prévention de la fumée. — Les appareils dits fumivores ont pour objet d'empêcher la formation de la fumée; on a cherché dans une autre voie à absorber la fumée une fois produite pour empêcher ses effets nuisibles. Le colonel Dulier a récemment présenté un système de ce genre dans lequel la fumée sortant des carneaux est mélangée de vapeur et lavée par un courant très divisé d'eau froide. Il résulte de ce traitement que la plus grande partie de la fumée se dissout ou se dépose et que ce résidu passe dans les égouts tandis qu'il ne sort d'une courte cheminée que quelques gaz incolores avec un peu de vapeur. Une preuve tangible de l'efficacité de ce procédé est qu'un morceau de linge blanc peut être tenu pendant quelques minutes au-dessus de l'orifice de cette cheminée sans être noirci d'une manière appréciable.

L'appareil du colonel Dulier a été appliqué dans une grande scierie à Glasgow et aux ateliers de MM. Merryweather, à Greenwich. Dans ces derniers, la fumée provenant de onze feux de forge se réunit dans un carneau et, après son mélange avec un courant de vapeur, est soumise à l'action de trois jets d'eau d'un débit collectif de 450 *l* par heure. Les résultats ont été assez satisfaisants pour qu'on ait décidé de faire l'application au reste des feux de la forge et on croit qu'il ne sera pas nécessaire d'augmenter la quantité d'eau dépensée actuellement pour une partie seulement.

D'après les observations faites à Glasgow, il paraît que l'appareil enlève plus de 90 0/0 des matières solides contenues dans la fumée et plus de 50 0/0 de l'acide sulfureux. Il n'affecte pas le tirage de la cheminée, car la perte de charge produite par les coudes des conduits est compensée par l'effet du jet de vapeur employé pour humidifier la fumée. Dans la scierie de Glasgow, ce jet a une pression de 6 à 7 *kg* par centimètre carré, mais, bien qu'une pression élevée des jets de vapeur et d'eau ne puisse être qu'avantageuse, elle n'est pas indispensable.

Ce système a été également appliqué dans une maison à Londres, avec emploi de l'eau de la distribution et avec de la vapeur produite par une chaudière de chauffage. Les résultats ont été très satisfaisants. L'eau recueillie dans les carneaux contient une assez grande proportion d'acide sulfureux et peut servir avantageusement comme désinfectant; c'est un avantage d'un ordre secondaire, mais qui peut engager à appliquer ce système les personnes qui se préoccupent des questions d'hygiène.

Le coût de l'appareil est peu élevé, car celui-ci se compose principalement de tubes en tôle, et d'ailleurs, la possibilité pour les manufacturiers d'employer des combustibles de prix moins élevé, sans avoir à craindre les conséquences de la production de la fumée, est de nature à compenser la dépense première dans une assez large mesure.

R. H. Tweddell. — Notre Société a perdu récemment un de ses membres étrangers les plus distingués dans la personne de M. Ralph

Hart Tweddell, qui s'était acquis une très grande notoriété avec ses appareils hydrauliques pour le travail des métaux dans les ateliers et chantiers de construction. Nous empruntons tant aux journaux anglais qu'à une notice adressée à la Société par M. H. Chapman quelques détails sur la carrière si bien remplie de ce regretté collègue.

Tweddell était né en 1843 à South-Shields où son père était armateur. Il fut élevé au collège de Cheltenham où il fit d'abord ses études classiques, puis passa dans la branche scientifique pour se préparer à entrer à l'école militaire de Woolwich, mais ses aptitudes mécaniques le détournèrent de cette voie et le déterminèrent à entrer en apprentissage chez MM. R. et W. Hawthorn, les constructeurs bien connus de Newcastle.

C'est pendant cet apprentissage et à l'âge de vingt ans que Tweddell prit sa première patente pour un appareil à fixer les tubes de chaudière par pression hydraulique qui eut un certain succès, mais fut bientôt remplacé par l'appareil de Dudgeon.

L'attention de Tweddell continua à se porter sur la question de l'application de la pression hydraulique aux outils d'ateliers et précisément à ce moment les pressions plus élevées commençaient à apparaître sur mer et exigeaient un travail plus soigné dans la construction des chaudières. Ce fut en 1865 que le jeune ingénieur construisit sa première riveuse hydraulique et la fit adopter par MM. Thomson, Boyd et C^ie^, de Newcastle, cette machine marchait sous une pression de près de 100 *kg* par centimètre carré. Une de ses particularités consistait dans l'emploi d'un accumulateur de très faible volume se soulevant pour chaque pose de rivet et disposé de manière à être arrêté brusquement dans sa course pour accroître considérablement, par une sorte de choc, la pression sur la tête du rivet. Cette invention eut un succès énorme; elle répondait à un besoin absolu. On ne pourrait, en effet, assembler des tôles de 40 *mm* d'épaisseur, qui sont de véritables planches de fer, au moyen de rivets de 37 *mm* de diamètre avec les procédés qui suffisaient pour les anciennes chaudières. Ces appareils et d'autres de même genre, cisailles, presses à emboutir, etc., furent successivement perfectionnés et développés par Tweddell seul d'abord, puis par lui associé avec MM. James Platt et Fielding.

Un mémoire sur l'application de la pression hydraulique au gros outillage des ateliers fut présenté par Tweddell en 1873 à l'*Institution of Mechanical Engineers* et donna une grande notoriété à ces applications.

Le succès de la riveuse fixe engagea l'inventeur à construire une riveuse portative qui fut employée pour la première fois en 1873 à la construction du pont sur le Great Eastern près de la gare de Bishopsgate, à Londres.

Cet outil n'eut pas moins de succès que les précédents pour la fabrication des ponts et des coques de navires.

La construction du pont du Forth n'eût peut-être pas été réalisable sans l'emploi de la riveuse portative.

En 1876, sur la proposition de M. Marc Berrier-Fontaine, ingénieur de la marine, et avec le concours de notre collègue M. H. Chapman, Tweddell fut appelé à installer son outillage hydraulique dans l'atelier des

coques en fer du port de Toulon. Cette application a fait l'objet d'un mémoire de M. Berrier-Fontaine, lu à la session tenue à Paris en 1878 par l'*Institution of Mechanical Engineers*. Ce fut à cette occasion que Tweddell fut admis dans notre Société, sur la présentation de MM. Chapman, J. Farcot et Cornuault.

Pour donner une idée des avantages retirés de l'installation dont nous venons de parler, il suffira de rappeler que pour le travail des quilles on peut poser en 9 heures 200 rivets contre 100 à la main et, pour les membrures, 1 000 au lieu de 400. Le prix de la pose d'un nombre donné de rivets est ramené à moins du tiers.

Les récompenses n'avaient pas manqué à l'inventeur, il avait reçu successivement la médaille Telford de l'*Institution of Civil Engineers*, le prix Bessemer, la médaille de la Société des Arts, la médaille John Scott de l'Institut de Franklin. A l'Exposition universelle de 1878 à Paris, il avait obtenu un grand prix dans la section de mécanique. La fortune avait d'ailleurs largement récompensé ses efforts.

Travailleur acharné, Tweddell était, comme la plupart des Anglais d'ailleurs, grand amateur de sport. Il trouvait moyen d'associer les affaires et les plaisirs. Il disait volontiers que, un jour par semaine passé à chasser et deux ou trois heures par jour à monter à cheval n'étaient pas du temps perdu et qu'au contraire cette diversion permettait de doubler l'effort intellectuel pendant la durée du travail.

Tweddell est mort à sa résidence de Meopham Court, près de Gravesend, le 3 septembre dernier, d'une affection au cœur, amenée, croit-on, par une chute de cheval qu'il avait faite il y a quelques années.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1895

Distribution des récompenses.

Rapport de M. ROUART sur **un filtre rotatif**, de M. LERÉ.

Ce filtre utilise, pour opérer la séparation d'un liquide et des corps en suspension, l'effet de la force centrifuge, avec des dispositions plus simples que celles des appareils déjà connus et fondés sur le même principe. Ce rapport est accompagné d'une note développant les calculs relatifs à la pression atteinte pour le filtrage.

Rapport de M. Rozé sur un **système d'emeliquetage**, de M. ROUX.

Ce système consiste dans l'introduction d'un coin héliçoïdal qui produit entre les surfaces d'un double embrayage à friction, la pression nécessaire à l'entrainement. Ce système a l'avantage de ne comporter ni bruit ni chocs dépendant directement de sa constitution. Il est appliqué principalement aux machines à enrouler le ruban.

Rapport de M. Alfred TRESCA sur **un compteur d'eau**, de MM. SAMAIN et C^ie^.

Ce compteur est disposé pour fonctionner aussi bien à l'eau très chaude qu'à l'eau froide, ce qui permet de s'en servir pour jauger l'eau d'alimentation des chaudières à vapeur.

A cet effet, les pistons qui constituent les organes mobiles de ce compteur ont des garnitures en coton tressé au lieu de cuir ou de caoutchouc. Ces garnitures sont pressées par des ressorts à boudin.

Le rapporteur cite plusieurs exemples de l'application de ces compteurs dont les résultats sont très satisfaisants. Il indique notamment l'usine de l'air comprimé au quai d'Ivry où le jaugeage direct n'a fait reconnaître pour le compteur qu'une erreur en trop de 30 *l* sur 14 820, soit 2 millièmes environ. Cette vérification a été faite après plusieurs mois de fonctionnement.

L'agriculture française, ses transformations et ses progrès, conférence faite le 24 mai 1895, par M. ZOLLA, professeur à l'École nationale d'agriculture de Grignon.

Dans cette méthode, l'auteur, après avoir indiqué l'importance de l'industrie agricole qui, en France, intéresse directement 18 millions

d'habitants, soit la moitié de la population, et représente une production brute de plus de 10 milliards, examine en détail les trois agents dont se sert l'agriculteur pour la production, savoir : la terre ou la plante et l'animal.

L'influence des progrès accomplis peut se mesurer par le fait que la valeur de la production agricole de la France a décuplé depuis 1787, triplé depuis 1815 et doublé depuis 1848.

Communication de M. C. Bardy sur **le procédé de traitement des térébenthines brutes**, de M. G. Col.

Ces procédés, dont le but est de perfectionner la fabrication de l'essence et de la colophane, consistent dans une série de dispositifs ingénieux portant, d'une part, sur le traitement préliminaire que la gomme doit subir avant sa distillation, et, d'autre part, sur le mode d'extraction de l'essence et la fabrication de la colophane.

Bien que ces procédés ne datent que de peu d'années, ils sont déjà appliqués dans cinq usines traitant annuellement 8 à 9 000 *t* de gemme brute, soit le dixième environ de la production française totale.

Dosage des faibles quantités d'arsenic, par M. Ad. Carnot. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*)

Réduction de la silice par le charbon, note de M. H. Moissan. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*)

Aout 1895

Rapport de M. A. Tresca sur une **machine à sculpter**, de M. le capitaine Chastanet.

Cette machine, qui opère au moyen d'un modèle en bas-relief ou en ronde-bosse servant à obtenir mécaniquement un objet semblable de dimensions plus réduites, se distingue des appareils analogues par une construction simplifiée et pour ainsi dire inverse. Ce sont les plateaux portant le modèle et la masse à sculpter qui se déplacent d'un mouvement corrélatif devant l'outil et le palpeur. Cette modification a permis de faire une machine assez simple avec laquelle on peut obtenir des réductions d'une grande précision.

Revue des **perfectionnements apportés récemment à l'industrie de la distillerie**, par M. L. Lindet, professeur à l'Institut national agronomique.

Cette étude passe en revue les différentes opérations qui constituent l'art de la distillerie : préparation du moût, fermentation, distillation, épuration et rectification des flegmes, utilisation des résidus. Chacune de ces parties est traitée avec les détails qu'elle comporte et l'indication des perfectionnements apportés dans chacune d'elles, aussi bien dans la distillerie de vins et betteraves que dans la distillerie de grains, de mélasses ou de pommes de terre.

Revue des **progrès récents faits par l'industrie meunière**, par M. COLSON-BLANCHE, Président de l'Association nationale de la Meunerie française.

La meunerie qui depuis longtemps n'avait éprouvé que des améliorations presque insignifiantes, a subi une véritable révolution surtout par l'introduction de la mouture à cylindres qui a amené une transformation complète dans l'outillage. La note examine successivement : 1° le nettoyage du grain; 2° le broyage; 3° le sassage; 4° le convertissage et 5° le blutage, opération qui accompagne le broyage et le convertissage. Chacune de ces parties est traitée en détail avec indications des améliorations les plus récentes. Nous citerons notamment, à propos du blutage, la description des nouveaux appareils, dits *plansichters* qui, usités déjà en Hongrie, Allemagne et Belgique, ont fait leur apparition en France depuis quelque temps et qui tendent à remplacer les bluteries ordinaires. Le plansichter est un cadre horizontal garni de soie et animé d'un mouvement circulaire dans son plan. La matière entrainée décrirait le même mouvement si elle n'était contrariée par une série de palettes qui coupent le cercle et la font avancer d'un bout à l'autre de l'appareil.

Revue **des progrès récents de l'industrie du caoutchouc**, par M. CHAPEL.

L'importance de la production du caoutchouc augmente d'année en année, mais c'est toujours le Brésil qui tient la tête, surtout pour la qualité supérieure dite *para*. Toutefois, le continent africain et notamment le Congo commence à en fournir une quantité relativement considérable.

De nouvelles marques sont apparues, mais, en dehors de ce fait, il ne s'est pas produit de modification dans les procédés de recolte; celle-ci a presque toujours recours à des méthodes barbares de nature à faire disparaître complètement les plantes à caoutchouc dans certains centres.

En France, l'importation des matières premières a atteint, en 1864, le chiffre de 1 880 000 *kg*; pour les produits fabriqués, l'importation a été, pour la même année, de 793 000 *kg* et l'exportation de 720 000, celle-ci en diminution de 140 000 *kg* sur l'année précédente, alors que les importations ont, au contraire, augmenté.

La combustion des huiles minérales dans les lampes ordinaires.

Cette note résume les recherches faites par M. Stepanoff et publiées dans les *Annales de la Société impériale technique de Russie* sur l'éclairage par les huiles minérales. M. Stepanoff a constaté qu'un facteur important dans l'éclairage est, pour l'ascension de l'huile vers le foyer, la constante capillaire et le frottement interne du combustible. Mais la constante capillaire a peu d'influence pour la différentiation des huiles, tandis que le frottement interne en a beaucoup. L'auteur a donc fait des recherches pour la détermination de la valeur de ce frottement. Il s'est servi de l'appareil d'Ostwald auquel il a apporté divers perfectionnements, et avec lequel, connaissant la densité de l'huile et déterminant la durée de l'écoulement, on déduit la valeur du frottement interne.

M. Stepanoff est arrivé, par une série d'expériences, à formuler comme suit les lois de la combustion des huiles dans les lampes : Toute huile qui atteint le foyer par la mèche est toujours brûlée. L'échauffement du bec influe sur la quantité d'huile qui atteint la flamme et peut servir comme régulateur unique pour l'ascension des huiles et pour éviter l'abaissement de la flamme.

La note renferme de nombreux tableaux donnant les résultats d'expériences. La conclusion est que : 1° la quantité d'huile consommée est réellement supérieure à celle que peut fournir la mèche à la température ordinaire; 2° que l'échauffement de l'huile dans la mèche joue, dans la consommation des huiles, un rôle beaucoup plus important qu'on ne le croit généralement; 3° que, malgré la diminution de l'huile dans la lampe, la quantité d'huile consommée augmente, grâce à la conductibilité du cylindre du bec qui enveloppe la mèche et la flamme ne baisse que si le niveau de l'huile est descendu à un point tel que l'action de la conductibilité diminue notablement.

Ces conclusions ont conduit M. Stepanoff à conseiller certaines modifications dans la construction des lampes, savoir : augmenter l'épaisseur de la mèche, diminuer la hauteur du bec au-dessus du réservoir et accélérer l'échauffement de l'huile dans la mèche et dans le réservoir.

La note se termine par des considérations sur la fonction de l'air dans l'éclairage et la disposition à donner aux verres et l'indication des facteurs dont il faut tenir compte lorsqu'on essaye une huile pour l'éclairage dans les lampes ordinaires.

Sur **les allumettes à pâtes explosives**, par M. T. Schlœsing (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Recherches sur **la composition des principaux cépages de France**, par M. Aimé Girard et L. Lindet (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

ANNALES DES MINES

9e livraison de 1895.

Note sur **les gisements de phosphate de chaux** du plateau de Cheria (Cercle de Tebessa), par M. Jacob, Ingénieur des mines.

Il s'agit d'une reconnaissance géologique de surface opérée sur ces gisements qui n'avaient été jusqu'ici l'objet d'aucun travail de recherches. Cette reconnaissance, naturellement insuffisante pour permettre d'établir d'une façon positive la valeur industrielle de ces gisements, donne toutoutefois des indications utiles sur leur importance et sur l'intérêt qu'il peut y avoir à poursuivre ces recherches d'une manière plus précise.

Étude géologique sur **les terrains à phosphate de chaux** de la région de Boghari (Alger), par M. E. Ficheur, Professeur de géologie à l'École des sciences d'Alger.

Cette note a pour objet l'étude de la répartition, de l'importance et de

l'extension en surface des couches phosphatées qui existent dans les assises inférieures du groupe suessonien dont le massif montagneux qui s'étend à l'est de Boghari offre un remarquable développement. Ce groupe se divise en deux étages et c'est seulement dans l'étage inférieur que se rencontrent les couches phosphatées. Ces couches sont assez irrégulières, mais en évaluant leur puissance à 2 *m* en moyenne, on peut admettre l'existence de 12 à 14 millions de mètres cubes de phosphates ou sables phosphatés à 30 ou 35 0/0 de phosphate de chaux dont l'exploitation serait très facile.

Notice sur **les terrains à phosphate de chaux** de la région de Sidi-Aissa (Alger), par MM. E. Pichon et J. Blayac, collaborateurs à la carte géologique de l'Algérie.

Ce travail donne des renseignements géologiques analogues à ceux de la note précédente. Toutefois, les couches de phosphates de cette région ont un caractère très différent. Par suite de leur distribution irrégulière et de leur faible importance, elles peuvent être considérées comme inutilisables au point de vue industriel.

Lambeau suessonien de Birin, par M. Blayac, collaborateur à la carte géologique de France et à la carte géologique de l'Algérie.

Le suessonien à phosphate de chaux de Diebel-Mahdid, près M'sila (province de Constantine), par M. Blayac.

Sur **la composition des cristaux** observés dans les scories de déphosphoration, par M. Ad. Carnot, Inspecteur général des mines, membre de l'Institut.

Les scories du procédé basique renferment plusieurs sortes de cristaux formés à des températures élevées. Une analyse faite par l'auteur les a fait reconnaître comme composés d'acide phosphorique, de silice et de bases où la chaux domine, de sorte qu'on peut les désigner sous le nom de *silico-phosphate de chaux*. On trouve des cristaux de forme différente en tablettes ou aiguilles, mais la composition n'est pas différente sensiblement, il peut y avoir substitution en petites porportions d'oxyde de fer et d'alumine à la chaux, mais on doit conserver l'expression de silico-phosphate de chaux pour exprimer le véritable état des trois éléments dans les cristaux bleus de la scorie Thomas.

Sur **un gisement de phosphates d'alumine et de potasse** trouvé en Algérie et sur la genèse de ces minéraux, par M. Ad. Carnot.

Ce gisement se trouve près de la Tour-Combes, à 10 *km* environ d'Oran. C'est une caverne à stalactites dont les parois sont formées par un calcaire compact; le fond est recouvert d'une couche épaisse de 1 à 2 *m* d'une terre où on aperçoit des masses spongieuses qui sont l'objet de l'exploitation pour phosphates. Ces masses sont principalement formées de phosphates alumineux avec de la silice en proportion variable et parfois un peu de phosphate de chaux.

La genèse de ces minéraux paraît s'expliquer entièrement par des apports ou infiltrations du dehors. Le calcaire des parois n enfermant

pas de phosphate et les terres extérieures en fournissant une forte proportion et les terres intérieures une faible, il y a eu, dans ces dernières, une concentration des substances phosphatées sous l'influence des eaux venues du dehors. C'est aussi de l'extérieur que doivent avoir été apportés les oxydes de manganèse et de cobalt qu'on trouve dans certaines masses phosphatées, ainsi que les autres éléments tels que la potasse, le silice et l'alumine.

En somme, les faits observés dans l'étude de la grotte de la Tour-Combes peuvent s'expliquer d'une manière satisfaisante par des infiltrations d'eaux qui se seraient faites vers cette grotte et qui y auraient amené les produits de la décomposition des matières organiques et de la dissolution des matières minérales de la surface.

Sur **la composition de quelques phosphates d'alumine** (wavellites, turquoises, ou dontolites), par M. Ad. Carnot.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de Juillet-Aout 1895.

Les stations de contrôle et les laboratoires d'essais électriques. Rapport présenté à la Commission pour l'étude d'une station d'essais, à Mulhouse, par M. C. Pierron.

Le rapporteur a visité un certain nombre de stations et laboratoires d'essais dont il donne une description assez détaillée. Nous croyons devoir en donner ici les noms. Ce sont :

1° Le laboratoire de la Société internationale des Électriciens à Paris;

2° Le bureau de contrôle des installations électriques créé par le Syndicat professionnel des industries électriques, à Paris;

3° La station d'essais électrotechniques, créée par le Polytechnische-Verein, à Munich;

4° L'institution d'enseignement et de recherches électrotechniques, créée par le Physikalische-Verein, à Francfort-sur-Mein;

5° La station d'essais électrotechniques appartenant à M. Krieg, à Magdebourg;

6° L'institution d'essais pour l'électrotechnique, crée par la Niederösterreichischer Gewerbe-Verein, et dépendant du Musée technologique et industriel, à Vienne (Autriche);

7° L'Institut national physique et technique à Charlottenbourg, près de Berlin;

8° Enfin la section électrique de l'Office de jaugeage, à Vienne (Autriche).

L'auteur avec la description des installations de chaque établissement. reproduit les règlements, le résumé des travaux effectués pendant une année et la situation financière, tout au moins dans la mesure des renseignements qu'il a pu se procurer.

L'étude de ces établissements et de leurs conditions d'existence conduit le rapporteur à admettre qu'il est prématuré de tirer de l'activité déployée jusqu'à ce jour par les stations d'essais électriques des conclusions définitives ; la vraie voie ne semble pas, en effet, encore tout à fait tracé, car l'industrie électrique, malgré les progrès réalisés, ne peut encore être considérée comme sortie définitivement de la période de tâtonnements.

Dans l'état actuel du développement de l'électrotechnique. la meilleure solution au point de vue de la vitalité des stations d'essais, serait de s'assurer le concours des Compagnies d'assurances qui seraient des premières à profiter des précautions prises dans le montage et l'entretien des installations électriques. C'est, d'après le rapporteur, le seul appui sur lequel elles pourraient compter quant à présent.

Rapport sur la **monographie de l'abbaye de Murbach**, de M. l'abbé A. Gatrio, par M. Édouard de Bary.

Rapport sur les titres de **M. Levy-Zivi**, viticulteur à Rixheim, à l'obtention du prix 101 (propagation des méthodes de culture), par MM. Weiss, Benner et Hoffmann.

M. Levy-Zivi a appliqué une nouvelle méthode de culture de la vigne qui a donné d'excellents résultats. Il opère comme suit : sur des terrains vierges, c'est-à-dire qui n'ont pas encore porté de vignes, on fait pendant six ans une culture de luzerne et on défonce ensuite à 0,50 *m* ou 0,60 *m* de profondeur. Dans ces terrains fraîchement remués, on dispose les jeunes plants de vigne à 1 *m* sur 1,50 *m* de distance les uns des autres, au lieu de 1 *m* sur 1 *m* comme le font les vignerons de la contrée. L'air circule ainsi plus librement et le soleil pénètre jusqu'au sol. Les échalas, de 2,50 *m* de hauteur, sont reliés par des fils de fer fixés aux deux bouts de la pièce au moyen de contreforts en chêne. Cet arrangement permet d'employer des échalas en sapin, moins coûteux que ceux en marronnier ou en chêne. M. Levy-Zivi modifie également la taille de la vigne sur le principe de laisser à la plante le plus de développement possible. Toutes ces modifications ont donné d'excellents résultats et ont déjà été reproduites par beaucoup de viticulteurs de la contrée. La Société a décerné, sur le rapport dont nous nous occupons, une médaille d'argent à l'auteur.

Rapport sur un travail concernant les **maladies de la vigne**, par M. Diefenbach, directeur de l'École d'agriculture de Wissembourg, par M. Th. Hoffmann.

Ce travail traite des ennemis de la vigne, tant insectes que cryptogames, et des influences météorologiques nuisibles aux vignes. Il a été également récompensé par une médaille d'argent de la Société.

SOCIETÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 30. — *27 juillet 1895.*

Progrès techniques dans l'électrochimie, par W. Borchers.

Concours pour la construction d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetzsche *(fin)*.

Expériences sur la résistance à la traction et à la torsion sur des vis en fer et en acier, par C. Bach *(fin)*.

Bateaux de sauvetage à vapeur.

Tensions artificielles dans les ponts métalliques, par C. Riedenauer.

Construction des dynamos, par E. Schulz.

Machine à percer sextuple radiale avec commande électrique.

Machine à percer électrique de Kodolitsch.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Nouvel appareil à refondre pour les fonderies. — Le réservoir de Bouzey.

Groupe de Wurtemberg. — Balance de Arndt pour les gaz de la combustion. — Explosion de chaudières de Salzdorf. — Le canal de la mer du Nord à la Baltique.

N° 31. — *3 août 1895.*

Ordre du jour de la XXXVI[e] réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Aix-la-Chapelle.

Tarage d'un moulinet de Woltmann d'une nouvelle forme et détermination de ses coefficients, par M. Schmidt.

Éducation de l'ingénieur, par E. Brückmann.

Nouveaux progrès dans la technique de l'éclairage, par W. Wedding.

Les machines agricoles à la 8[e] exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin en juillet 1894, par Grundke *(suite)*.

Transmission de force de 100 *ch* de la maison Carl Paas et fils, à Barmen-Wichlinghausen, par E. Schulz.

Expériences sur la résistance des assemblages de fers à planchers.

Groupe de Wurtemberg. — Construction des machines en Amérique. — Intervalles entre les parois des chaudières et la maçonnerie des fourneaux.

Correspondance. — Emploi du planimètre pour la détermination du volume des carènes de navires.

N° 32. — *10 août 1895.*

Tarage d'un moulinet de Woltmann d'une nouvelle forme et détermination de ses coefficients, par M. Schmidt *(fin)*.

Question de l'éducation des ingénieurs, par A. Riedler.

Les machines agricoles à la VIII[e] exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin en juillet 1894, par Grundke.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Transport de force par l'électricité.

Groupe de Bochum. — Expériences relatives à l'effet des explosifs sur le grisou et les poussières charbonneuses. — Raffinerie de sucre de P. Schwengers fils.

Correspondance. — Machine à percer électrique de Kodolitsck.

N° 33. — *17 août 1895.*

Aperçu sur la résistance des matériaux et les questions qui s'y rattachent, par A. Martens.

Machine à percer horizontalement et verticalement à triple outil et machine à fraiser.

Etude sur les moteurs à pétrole, par E. Meyer.

Épuration des eaux d'alimentation des chaudières, par Nösselt.

Prix de revient dans la construction des machines, par E. Blaur.

Groupe de Cologne. — Laboratoires de construction de machines.

Groupe du Rhin inférieur. — Appareils de contrôle pour les incendies.

Variétés. — Société allemande pour la mécanique et l'optique.

Correspondance. — Calcul des fers à profil en double T ou en C pour des charges obliques. — Accumulateurs électriques.

N° 34. — *24 août 1895.*

Chemin de fer à traction par le gaz de Dessau, par R. Schöttler.

Étude sur les moteurs à pétrole, par E. Meyer *(fin)*.

Freinage électrique pour voitures automobiles, par G. Rusch.

Résistance à la flexion des ponts-levis, par F. Engesser.

Machines agricoles à la VIII[e] exposition de la Société allemande d'agriculture, à Berlin en juillet 1894, par Gründke *(suite)*.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Exploitation des chemins de fer à fortes rampes.

Groupe de Francfort. — Laboratoires de construction de machines.

Groupe de la Lenne. — Éclairage à incandescence par le gaz.

Bibliographie. — Élasticité et résistance, par C. Bach. — Le canal de la Baltique à la mer du Nord, par C. Loewe.

Correspondance. — Construction de dynamos.

N° 35. — *31 août 1895.*

Développement de l'industrie de l'éclairage au gaz, par Schimming.

Machine à triple expansion avec distribution par soupapes et distributeurs circulaires, par C. Ludwik.

Expériences sur la pression exercée par le grain dans les silos, par H. A. Janssen.

Progrès dans la construction et l'emploi des moteurs à gaz, par J. Körting.

Élasticité et résistance des pièces courbes, par R. Bredt.

Calcul du volume d'eau des chaudières, par P. Moller.

Groupe de Berg. — Fête pour l'admission du 10 000e membre de l'Association des ingénieurs allemands.

Groupe de Berlin. — Nouveaux progrès dans la technique de l'éclairage.

N° 36. — *7 septembre 1895.*

Pompe avec machine à colonne d'eau pour irrigations, par C. Kroben.

Élasticité et résistance des pièces courbes, par R. Bredt *(fin)*.

Machines agricoles à la VIIIe exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin en juillet 1894, par Grundke *(suite)*.

Pompes à tiroirs pour vide et compression, par E. W. Kuster.

Dessèchement du Zuidersée, par von Horn.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Laboratoires de construction de machines.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 22894-11-95. — (Encre Lorilleux).

– Premiers essais.

Fig. 4.

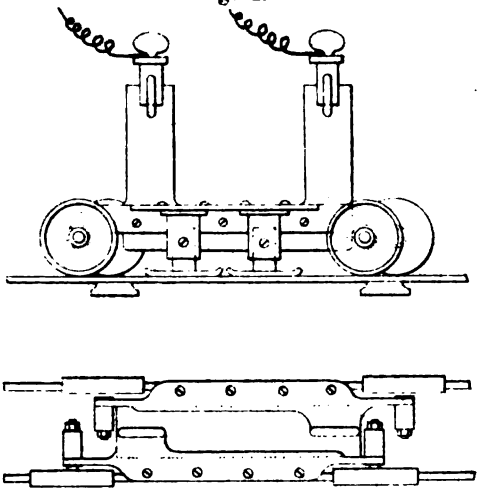


Fig. 14.

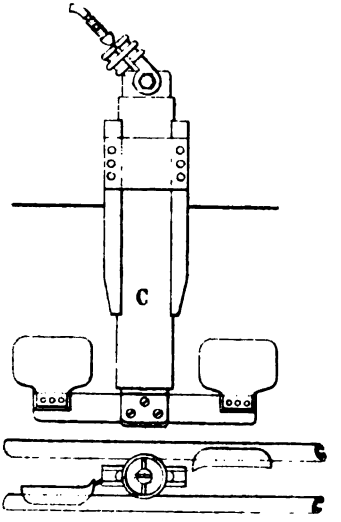
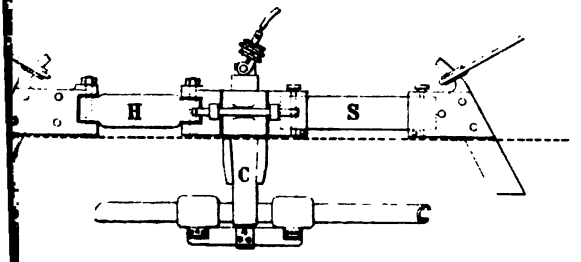


Fig. 15.



Auto-Imp. L. Courtier, 45. rue de Dunkerque, Paris.

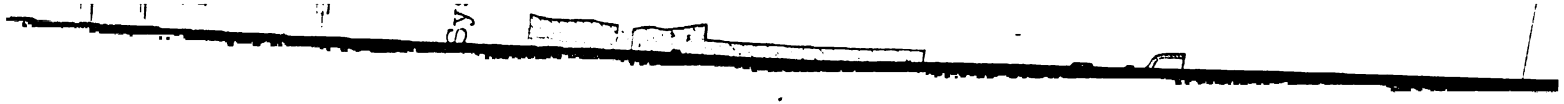
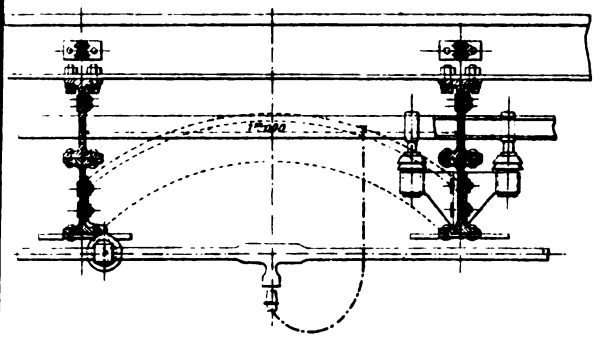


Fig. 27.



Système Waller Manville.

Fig. 23.

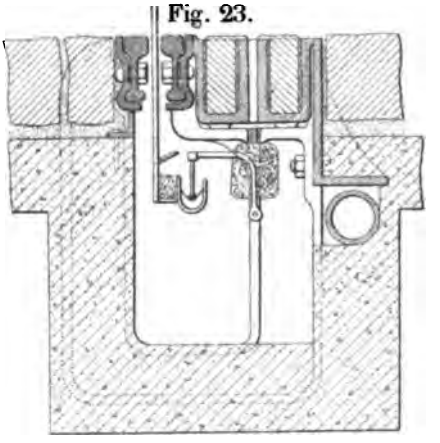
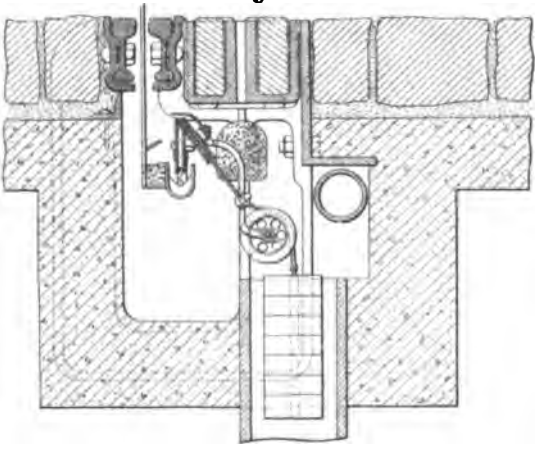


Fig. 25.



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1895

N° 11

Sommaire des séances du mois de novembre 1895 :

1° *Décès* de MM. F. Dehaynin, Ch. Gibault, J.-E. Payet, G.-A. Cassagnes, H. Hermary (Séances des 8 et 22 novembre), pages 419 et 432 ;

2° *Décorations* (Séance du 8 novembre), page 419 ;

3° *Lettre de M. G. du Bousquet, au sujet du cinquantenaire de M. Ch. Bricogne à la Compagnie du Chemin de fer du Nord* (Séance du 8 novembre), page 420 ;

4° *Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, à Carthage.* (Invitation à assister au) (Séance du 8 novembre), page 420 ;

5° *Prix pour l'agrandissement et la transformation de l'Hôtel du « Figaro », décerné à M. Arnaud* (séance du 8 novembre, page 420 ;

6° *Chauffage de l'Opéra* (Commission instituée par M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts pour le) sont nommés membres de cette Commission, MM. Ch. Compère, A. Ch. Bourdon et P. Bougarel (séance du 8 novembre), page 420 ;

7° *Note sur les épreuves de charge jusqu'à rupture à faire avec l'ancien pont sur le Mühlbach*, près de Munpf, par M. Paur (Séance du 8 novembre), page 421 ;

8° *Compte rendu succinct du Congrès de l'Enseignement technique, commercial et industriel, tenu à Bordeaux*, par M. H. Rémaury (Séance du 8 novembre), page 424 ;

9° *Compte rendu succinct du Congrès des Habitations à bon marché*, par M. H. Rémaury (Séance du 8 novembre), page 424 ;

10° *Relevage de la machine et du tender du train 56 de Granville, tombés le 22 octobre de la gare Montparnasse sur la place de Rennes*, par M. M. de Grièges (Séance du 8 novembre), page 426;

11° *Accroissement de la vitesse des trains express en France de 1854 à 1895*, par M. R. Varennes, et observations de M. de Fréminville (Séances des 8 et 22 novembre), pages 428 et 431;

12° *Application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer*, par MM. G. Dumont et G. Baignères (Séance du 8 novembre), page 430;

13° *Exposition de Bordeaux*. (Liste des récompenses obtenues par des Membres de la Société à l') (Séance du 22 novembre), page 432;

14° *Vente de la bibliothèque et des collections scientifiques de M. G. Loustau, ancien Trésorier honoraire de la Société* (Séance du 22 novembre), page 433;

15° *Exposition de Rouen en 1896* (Séance du 22 novembre), page 433;

16° *Égouts de la ville de Mexico*. (Réfection des), communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (Séance du 22 novembre), page 433;

17° *Port de Santa-Fé*. (Construction du), communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (Séance du 22 novembre), page 433;

18° *Port en eau profonde à Taganrog* (Russie). (Construction d'un grand), communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (Séance du 22 novembre), page 433;

19° *Usine métallurgique à Taganrog* (Russie). (Création d'une), communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (Séance du 22 novembre), page 433;

20° *Abattoirs centraux à Taganrog*. (Projet de création d'), communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (Séance du 22 novembre), page 433);

21° *Pli cacheté* déposé par M. A.-F.-X. Vaillant (Séance du 22 novembre), page 433;

22° *Emprunt de la Société pour la construction d'un nouvel hôtel* (Séance du 22 novembre), page 434;

23° *Frein électro-pneumatique de M. Chapsal*, par M. G. Lesourd (Séance du 22 novembre), page 434;

24° *Le Verre dans les applications industrielles de l'électricité*, par M. Eug. Sartiaux (Séance du 22 novembre), page 438;

25° *Sous-marin « Le Goubet »*. (Détails sur le), par M. A. de Dax et observations de M. Sarcia (Séance du 22 novembre), page 439;

Mémoires contenus dans le bulletin de novembre 1895:

26° *Application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer*, par MM. G. Dumont et G. Baignères, page 444;

27° *Accroissement de la vitesse des trains express en France de 1854 à 1895*, par M. R. Varennes, page 489;

28° *Emploi du verre dans les applications industrielles de l'électricité*, par M. Eug. Sartiaux, page 516;

29° *Chronique* n° 191, par M. A. Mallet, page 534;

30° *Compte rendu.* — page 545;

31° *Bibliographie*, — page 553;

32° *Planches* n°s 152 et 153.

Pendant le mois de novembre, 1895, la Société a reçu :

35637 à 35643 — De M. Ch. Janet (M. de la S.). *Études sur les fourmis, les guêpes et les abeilles* (4 brochures in-8° et 3 brochures petit in-4°).

35644 — De M. Dwelshauvers-Dery (M. de la S.). *Expériences sur le débit d'un orifice circulaire en mince paroi verticale* (in-8° de 13 p., avec 1 pl.). Liège, Revue universelle des Mines, 1895.

35645 et 35646 — De United States Geological Survey, par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Monograph of the United States Geological Survey.* XXIII et XXIV. Washington, 1894.

35647 et 35648 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique de la Navigation intérieure.* Année 1894. Premier et deuxième volumes. Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35649 — De MM. Baudry et C^ie^, éditeurs. *Traité théorique et pratique de métallurgie. Cuivre, Plomb, Argent, Or*, par C. Schabnel. Traduit de l'allemand par le Docteur L. Gautier (grand in-8° de 831 p., avec 556 fig. dans le texte). Paris, Baudry et C^ie^, 1896.

35650 — De M. Don Juan Pié y Allué (M. de la S.). *Fotogrametria ó topographia fotografica* (petit in-8° de 39 p., avec 2 pl.). Madrid, Revista Minera, Metallurgica y de Ingeniera.

35651 — De M. Armengaud aîné. *Observations générales au sujet de la note ministérielle du 3 juillet 1893 critiquant la pétition du Syndicat des Ingénieurs-Conseils relative aux modifications à apporter à la loi du 5 juillet 1884 sur les brevets d'invention* (in-8° de 58 p.). Paris, 1895.

35652 — De MM. E. Bernard et C^ie^, éditeurs. *Cours de mécanique appliquée aux machines*, professé à l'école spéciale du Génie de Gand, par J. Boulvin. *5^e^ fascicule. Machines à vapeur* (grand in-8° de 298 p., avec 3 pl. et 280 fig. dans le texte). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1896.

35653 — Du Ministère des Travaux publics. *Album de statistique graphique de 1894.* Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35654 — De la Société pour la défense et le développement du Commerce et de l'Industrie en Tunisie. *A Monsieur le Ministre, Résident général de France à Tunis. Supériorité du chemin de fer de Gafsa à Gabès sur celui de Gafsa à Sfax* (in-8° de 40 p., avec 1 pl.). Tunis, 1895.

35655 — De North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. *Transactions of the North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders.* Volume XI. Eleventh Session, 1894-95. London and Newcastle-upon-Tyne, 1895.

35656 — De la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. *Table générale des matières contenues dans les volumes XI et XII de la 3e série et dans les volumes I à VIII inclusivement de la 4e série du bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* (petit in-4° de 146 p.). Paris, Société d'Encouragement, 1895.

35657 — De M. S. Périssé (M. de la S.). *Éléments de comptabilité pratique* (in-8° de 47 p.). Paris, Baudry et Cie, 1895.

35658 — De M. J. de Coëne (M. de la S.). *Études sur l'orientation des ports à marée à propos d'une note de M. Bert sur les travaux du Havre et de la rade de la Seine* (grand in-8° de 24 p.). Rouen, Société industrielle de Rouen, 1895.

35659 — De M. Paul-F. Chalon (M. de la S.). *Aide-mémoire du mineur* (in-16 de XII-270 p.). Paris, Baudry et Cie, 1895.

35660 — De l'Observatorio do Rio de Janeiro, par le Ministère de l'Instruction publique. *Annuario publicado pelo Observatorio do Rio de Janeiro para o anno de 1895*. Rio de Janeiro, 1894.

35661 — De University of State Museum, par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *University of State Museum. Forty-seventh Annual Report of the Regents for the year 1893*. Albany, 1894.

35662 — De M. S. Jordan (M. de la S.). *Note sur le grillage des minerais carbonatés de fer et de manganèse* (in-8° de 19 p.). Liège, Revue universelle des Mines, 1895.

35663 — Dito. *L'industrie de la fonte et ses progrès dans la région de la Sarre et de la Moselle*, par Th. Jung (petit in-4° de 32 p.). Paris, Comité des forges de France, 1895.

35664 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Analyse des alcools et des eaux-de-vie*, par X. Rocques (petit in-8° de 198 p.). Paris, Encyclopédie scientifique des aide-mémoire, 1895.

35665 — Dito. *Applications scientifiques de la photographie*, par G.-H. Niewenglowski (petit in-8° de 180 p.). Paris, Encyclopédie scientifique des aide-mémoire.

35666 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Dictionnaire d'Hygiène*, par un Comité de spécialistes. Publié sous la direction du Dr E. Sattler. 1re livraison, A (format in-8°, pages 1 à 64). Paris, E. Bernard et Cie, 1895.

35667 — De M. J. Pillet (M. de la S.). *Traité de stabilité des constructions*. Leçons professées au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'École spéciale d'Architecture, par Jules Pillet (grand in-4° de 480-LVI p., avec 515 fig. dans le texte et 109 (fig. dans le supplément). Paris, Dépôt des Cours techniques, 1895.

35668 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Subject Index : Volumes LIX to CXVIII. Sessions 1879-80 to 1893-94* (in-8° de 533 p.). London, 1895.

35669 — De l'Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore. *Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore avente sede in Milano con Succursali a Firenze e a Venezia. Esercizio dell' anno 1894.* Milano, 1895.

35670 — De M. H.-P. Boubée (M. de la S.). *Progetto di utilizzazione di una Ernergia idraulica di oltre 21 000 Cavalli, presso Castellone al Volturno mercè la trasformazione di essa in Energia Elettrica* (petit in-4° de 13 p.). Napoli, 1895.

35671 — De M. E. Schmidt (M. de la S.). *Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. Bulletin de l'Exercice 1894.* Amiens, T. Jeunet, 1895.

35672 — Dito. *Compte rendu de quelques essais de vaporisation faits en Allemagne,* par M. E. Schmidt (grand in-8° de 21 p. avec 2 pl.). Amiens, T. Jeunet, 1895.

35673 — De R. Università Romana. *R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri. Programmi d'Insegnamento pel quinquennio scolastico 1895-96 a 1899-1900* (Agosto 1895). Roma, 1895.

35674 — Dito. *Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1895-96.* Roma, 1895.

35675 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *Trend of National Progress* (in-8° de 16 p.). North American Review, 1895.

35676 — De M. G. Masson, éditeur. *Recettes de l'Électricien,* par E. Hospitalier (in-8° de 352 p.). Paris, G. Masson, 1895.

35677 — De M. Jules Gaudard. *Vues d'ouvrages d'art. Réparations de viaducs en maçonnerie. Perfectionnement des poutres métalliques. Bâches de ponts-canaux. Élargissement du grand pont de Lausanne* (grand in-8° de 68 p. avec 2 pl.). Lausanne, F. Rouge, 1895.

35678 — De M. E. de Churruca. *Junta de Obras del Puerto de Bilbao. Memoria que manifiesta el Estado y Progreso de las Obras de Mejora de la Ria de Bilbao y cuenta de ingresos y gastos durante el año económico de 1894 à 1895.* Bilbao, 1895.

35679 — De M. H. Falconnet (M. de la S.). *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha,* par Th. Seeligmann, G. Lamy-Torrilhon et H. Falconnet (in-8° de 453 p. avec 86 figures dans le texte, 2 cartes et 1 graphique). Paris, J. Fritsch, 1896.

35680 — De M. Elisée Reclus. *Projet de construction du globe terrestre à l'échelle du cent-millième* (in-8° de 16 p.). Edition de la Société nouvelle, 1895.

35681 — De M. Ch.-N. Pickworth. *The Slide Rule : A Practical Manual,* by Ch.-N. Pickworth (in-12 de 56 p.). Manchester, 1894.

35682 — De M. G. Richard (M. de la S.). *La Mécanique générale américaine,* par G. Richard (grand in-8° de 630 p. avec 1 441 figures intercalées dans le texte). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1896.

35683 — Dito. *Les Machines à bois américaines,* par Antoine Vautier (grand in-8° de 145 p. avec 107 figures intercalées dans le texte). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1896.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de novembre 1893 sont:

Comme Membres sociétaires, MM.

F.	Bruyère,	présenté par MM.	H. Bellet, de Dax, Bouillet.
G.-J.-B.	Damoiseau,	—	Appert, Heilmann, de Dax.
J.-B.-E.	Delhôtel,	—	Renard, Durey, Bert.
F.-H.	Drouin,	—	Dumont, Heilmann, de Dax.
G.-R.	Henderson,	—	Smith, Corthell, de Dax.
L.-A.	Lacauchie,	—	Bourdon, L. Monnier, Mauclère.
F.-P.	Le Roy,	—	E. Bert, Durey, Krieg.
E.-L.-J.	Maglin,	—	E. Bert, Durey, Krieg.
P-.Ch.-A.	Rotteleur,	—	Appert, Couriot, de Dax.
Ch.	Rovsing,	—	Arquembourg, Bel, Dehenne.
F.	Vercken,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.

Comme Membres associés, MM.

J.-E.-F.	Crouzet-Hildebrand,	présenté par MM.	Carimantrand, Lévi, Mallet.
P.-V.	Fortin,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
H.	Pajot,	—	Appert, Daydé, Pile,
J.-F.	Prevet,	—	E. Bourdon. Ch. Prevet, Compère.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 8 NOVEMBRE 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société le décès de plusieurs Collègues :

M. Dehaynin, Félix, ancien membre de la Chambre de Commerce, ancien Conseiller municipal de la ville de Paris, ancien Trésorier et Président du Syndicat des Négociants en charbon et membre de la Chambre Syndicale des produits chimiques. M. Dehaynin était une personnalité très connue, il a rendu de grands services à l'industrie; il était officier de la Légion d'honneur et membre de la Société depuis 1890;

M. Gibault, Charles, Ingénieur-Constructeur, s'occupant spécialement des travaux de distribution d'eau et d'électricité, membre du Conseil supérieur du Travail et de la Commission permanente de ce Conseil, Inspecteur régional de l'enseignement technique et membre de la Commission préparatoire à l'Exposition de 1900. M. Charles Gibault s'était fait connaitre par de nombreuses et ingénieuses inventions et par des travaux considérables qu'il avait entrepris et exécutés avec succès; il était chevalier de la Légion d'honneur et membre de la Société depuis 1881;

M. Payet, Joseph-Euphémy, Ingénieur de la Compagnie du Gaz de Rome, membre de la Société depuis 1886.

M. LE PRÉSIDENT, au nom de la Société, exprime aux familles de ces membres les regrets que lui causent leurs décès.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer la promotion de M. F. Reymond, ancien Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, ancien Directeur de l'Ecole Centrale, comme officier de la Légion d'honneur.

On ne peut qu'applaudir à cette distinction si bien justifiée par les services nombreux rendus par M. Reymond, soit comme Ingénieur pour les travaux qu'il a exécutés, soit comme Directeur de l'Ecole Centrale, soit comme Président de la Société des Ingénieurs Civils de France pour la décision qu'il a contribué à faire proposer par le Gouvernement et ensuite adopter par le Parlement à l'égard du service militaire des jeunes gens qui se destinent à la profession d'Ingénieur Civil et en particulier des Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures. *(Applaudissements.)*

M. E.-A. Lantrac a été nommé commandeur de l'Etoile de Roumanie et M. J.-B. Pradel, officier du même ordre;

M. É. Cacheux a été nommé commandeur de l'ordre du Libérateur du Vénézuéla;

M. Ed. Arnaud a remporté le premier prix dans le concours d'architecture ouvert par *le Figaro*, pour l'agrandissement et la transformation de son hôtel.

MM. Ch. Compère, A.-Ch. Bourdon et P. Bougarel ont été nommés membres de la Commission instituée par M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, pour étudier les questions relatives au chauffage de l'Opéra et accessoirement pour supprimer ou atténuer le dégagement de fumée de la grande cheminée de ce théâtre.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. le Secrétaire de vouloir bien donner lecture d'une lettre de M. l'Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à la Compagnie du Chemin de fer du Nord, notre ancien Président, M. G. du Bousquet.

« *Paris-La-Chapelle, le 28 octobre 1895.*

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Je pense que la Société des Ingénieurs Civils de France apprendra avec plaisir qu'un de ses Membres les plus anciens, M. Charles Bricogne, Ingénieur en chef du matériel roulant au Chemin de fer du Nord, vient d'être, de la part de son personnel, l'objet d'une touchante manifestation.

» A l'occasion du cinquantième anniversaire de son entrée à la Compagnie, le personnel supérieur du matériel roulant, auquel s'est joint, en toute spontanéité, un certain nombre de vieux ouvriers, a eu la pensée d'offrir un objet d'art à notre vénérable Collègue. La solennité, fort bien organisée, a eu lieu le dimanche 20 octobre dans une de nos remises, transformée pour la circonstance en une magnifique salle de fêtes.

» J'avais été appelé à l'honneur de présider cette cérémonie, au cours de laquelle M. Courtin, Ingénieur du matériel roulant à la Compagnie du Nord, a, dans un discours plein d'à-propos, félicité M. Bricogne, en lui offrant, comme gage de l'attachement de son personnel, la belle œuvre du sculpteur Lançon : *Jason après la conquête de la Toison d'or.*

» M. Bricogne, dont nous connaissons tous l'admirable santé et l'allure toujours jeune, était entouré de ses enfants et petits-enfants; en quelques mots, empreints d'une profonde émotion, il a remercié avec effusion ses fidèles collaborateurs.

» C'était une fête de famille, et c'est là, je crois, ce que l'on en peut

dire de mieux à une époque où, trop souvent, manque l'harmonie entre les divers échelons de notre hiérarchie industrielle : c'est à ce titre aussi que j'ai cru devoir en faire part à la Société des Ingénieurs Civils de France, convaincu que nos Collègues s'associeront de grand cœur à cette manifestation, en faveur de l'un des doyens actuels de nos chemins de fer français.

» Veuillez, je vous prie, Monsieur le Président, agréer l'expression de ma considération la plus distinguée.

» G. DU BOUSQUET,

» *Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction au Chemin de fer du Nord.* »

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société ne peut que s'associer de la façon la plus sincère et la plus cordiale au témoignage de sympathie donné à M. Bricogne par le personnel de la Compagnie du Nord à tous les degrés de la hiérarchie, et il lui adresse, au nom de ses Membres, les félicitations de la Société pour la façon dont il a su remplir cette longue et laborieuse carrière. Il remercie en même temps M. du Bousquet de la bonne pensée qu'il a eue de nous faire part de cette solennité. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT informe la Société qu'elle a reçu une invitation du Président du Comité de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences pour assister au prochain Congrès qui aura lieu à Carthage; il y aura lieu de désigner des délégués. Ceux de nos Collègues qui désireraient visiter la Tunisie et se rendre à ce Congrès, pourront se faire inscrire au Secrétariat et ils y assisteront comme délégués de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance qui est publiée à la suite du procès-verbal et signale spécialement à l'attention de nos Collègues les ouvrages suivants :

Traité théorique et pratique de Métallurgie, Cuivre, Plomb, Argent et Or, par C. SCHNABEL, traduit de l'allemand par M. le Dr L. GAUTIER (don de MM. Baudry et Cie, éditeurs).

Cours de Mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du Génie Civil de Gand, par J. BOULVIN, 5e fascicule, *Machines à vapeur* (don de MM. Bernard et Cie, éditeurs).

Aide-Mémoire du Mineur, par M. Paul CHALON, bien connu comme spécialiste en ces matières (hommage de l'auteur, notre Collègue, qui est un ancien Membre du Comité).

Traité de Stabilité des constructions, leçons professées au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Ecole spéciale d'Architecture, par M. J. PILLET (hommage de l'auteur, notre Collègue du Comité). M. Pillet fait au Conservatoire un cours très remarqué, il y a lieu de le féliciter de l'avoir publié.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. P. Gassaud pour donner communication d'une note qu'il pense de nature à intéresser plusieurs Membres de la Société.

M. P. Gassaud rappelle qu'à la suite de l'accident à un pont métallique, survenu il y a peu de temps en Suisse, le Gouvernement fédéral a décidé que des essais de rupture seraient faits sur un pont métallique de 28 *m* environ pour étudier les effets des charges roulantes.

La Société a été précédemment informée de ces essais et invitée à envoyer des délégués pour assister à ces expériences. Malheureusement les délégués désignés par le Comité n'ont pu s'y rendre; ces essais sont actuellement commencés, mais comme ils doivent se prolonger jusqu'à la fin de janvier et que la dernière période en sera la plus instructive ceux de nos Collègues que la question intéresse pourraient y assister utilement. Ils n'auront qu'à se faire inscrire au Secrétariat et seront désignés comme délégués de la Société.

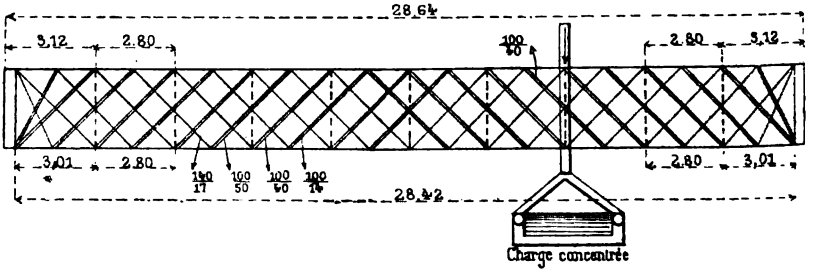
M. Gassaud donne lecture de la note à laquelle il a été fait allusion par M. le Président et qui nous a été envoyée par notre Collègue et correspondant à Zurich, M. Paur, Secrétaire de l'Association des anciens Elèves de l'École Polytechnique de Zurich :

« Note sur les épreuves de charge jusqu'à rupture à faire avec l'ancien pont sur le Mühlbach, près de Mumpf, station du chemin de fer du Nord-Est-Suisse.

(Ligne de Zurich à Bâle, 60,840 *km.*)

» *Historique et dimensions du pont.* — Le pont fut construit en 1875 dans une courbe de 600 *m* de rayon, en deux ouvertures dont la deuxième sert aux essais. Il a une longueur totale de 28,64 *m*, une portée théorique de 28,42 *m* et une largeur de 2,30 *m*. La poutre extérieure a une hauteur de 3,10 *m*, la poutre intérieure 3 *m*, ce qui donne pour le calcul des forces une différence d'environ 2 0/0. Les traverses étaient placées sur les membrures supérieures et leur assise laissait à désirer.

» Le pont fut transporté sur la place devant la station de Mumpf, et est soutenu par deux appuis. Un bout repose sur une plaque en fonte, l'autre sur des rouleaux. Les membrures sont parallèles et ont dix-neuf nœuds de 1,40 *m* de distance. Les poutres se composent de quatre sys-



tèmes de barres de treillis (diagonales). Elles n'ont pas de montants, excepté aux deux extrémités.

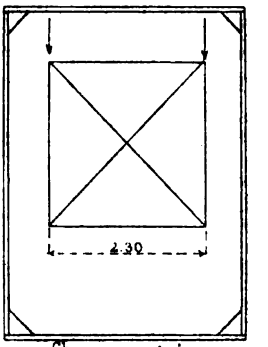
» Il n'existe pas de panneaux proprement dits, mais il y a des entretoises avec des croix de Saint-André en travers, tous les 2,80 *m*, aux extrémités à la distance de 3,01 *m*, donc neuf en tout, de sorte que la longueur de la poutre a dix divisions.

PREMIÈRE SÉRIE DES ESSAIS

» *Essais avec des charges concentrées.* — Le treillis est composé de quatre systèmes de diagonales de 4,20 *m* de long. Les barres comprimées sont des fers à U de 140,10 — 50,11 et 100,8 — 40/8,8. Elles sont fixées à l'extérieur des âmes des membrures. Les barres tendues sont des fers plats de 140/17 et 100/14 qui sont rivés à l'intérieur des membrures.

» Il y a dix-neuf nœuds entre les montants extrêmes. On placera la charge concentrée successivement sur les nœuds correspondants des deux poutres et aussi sur les espaces entre les nœuds. On s'arrange de manière que l'action de la charge soit centrale et agisse sur un point déterminé. L'appareil qui porte la charge concentrée a un poids d'environ 4 *t*. On peut varier la charge concentrée de 4 *t* à 100 *t*. La charge peut être enclenchée et déclenchée en moins d'une minute.

» On observera les efforts dans les barres partant des nœuds chargés, c'est-à-dire les forces transmises par le système qui forme le nœud chargé.



Charge concentrée

» En même temps on observera les efforts qui se produisent dans les barres qui font partie des systèmes voisins.

» On répétera les observations autant de fois qu'il est jugé nécessaire et à tous les nœuds.

» Les résultats sont comparés avec le calcul.

» Les efforts principaux dans les barres du treillis se trouvent entre deux limites.

» La limite supérieure est atteinte quand la charge est entièrement supportée par le système correspondant au nœud chargé, c'est-à-dire quand les trois autres systèmes ne travaillent pas.

» La limite inférieure est atteinte quand la charge est répartie sur tous les quatre systèmes.

» On a constaté que la plupart des barres du treillis ne sont pas exactement droites; elles sont courbées dans le sens de l'axe du pont et perpendiculaire à cette direction. Ces petites déformations ne sont pas régulières. On doit admettre que les barres n'ont pas été ajustées exactement avant le montage. Ces déformations n'ont du reste rien d'anormal et se trouvent dans les limites qu'on observe généralement aux constructions métalliques anciennes qui ont des barres de treillis d'une certaine longueur.

» On continuera pendant toute la durée des essais de faire des observations sur la rectitude des barres.

DEUXIÈME SÉRIE DES ESSAIS.

» On se propose de contrôler les nouvelles formules du flambage (1) qui

(1) M. Félix Jasinsky, Ingénieur de Saint-Pétersbourg a publié un article sur le calcul des ponts qui est contenu dans le cahier de septembre 1894 des *Annales des Ponts et Chaussées*.

Dans la *Revue Polytechnique Suisse*, numéros du 19 janvier et du 26 janvier 1895, M. G. Martel, Ingénieur de Zurich publiait également un article sur la question du flambage.

tiennent compte de l'effet de la rivure des barres pressées avec les barres tendues.

» Pour se rendre compte de ces efforts il faut avant tout connaître exactement les forces agissantes dans les deux barres pressées correspondantes dans les deux poutres et les forces dans les fers plats qui croisent les premières.

» Les observations de la première série d'essais fournissent les données nécessaires pour cela.

» Suivant ces résultats on déterminera la manière de charger le pont pour provoquer le flambage d'une barre déterminée.

» La charge répartie sur la moitié du pont, qui doit provoquer la rupture est suspendue d'une manière analogue comme les charges concentrées, et repose sur les membrures supérieures.

» La flèche calculée qui, correspondant à une charge ne produisant pas d'effort atteignant la limite d'élasticité des fers, est de 41 à 42 *mm*. Si la flèche atteint 100 *mm* ou 1/280 de la portée, on est sûr qu'une déformation complète ou la rupture a eu lieu. La membrure inférieure prendra une forme parabolique.

» Il est désirable d'observer l'endroit où s'est montré le premier fendillement, et à quelle époque a commencé la rupture.

» Aussitôt qu'une barre commence à céder complètement, la distribution des forces change et les autres parties du pont cassent l'une après l'autre, ce qui n'est que d'un intérêt secondaire.

» On s'est donc arrangé de manière qu'au moment où une flèche de 100 *mm* se produit tous les nœuds de la membrure inférieure sont soutenus et la surcharge déclenchée. De cette manière on espère pouvoir maintenir l'état des choses au moment de la première déformation fatale. »

Pour renseignements complémentaires écrire à M. Paur, à Zurich, ou s'adresser au Secrétariat de la Société.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. H. Rémaury pour un *Compte rendu succinct du Congrès de l'Enseignement technique commercial et industriel* récemment tenu à Bordeaux et pour dire quelques mots du *Congrès des habitations à bon marché* qui vient d'avoir lieu dans la même ville, bien que cette dernière communication ne figure pas à l'ordre du jour.

M. RÉMAURY a été plusieurs fois délégué de la Société des Ingénieurs Civils de France à l'Exposition de Bordeaux, d'abord à la cérémonie de l'inauguration où il était d'ailleurs invité comme membre du Comité parisien de propagande ; ensuite comme membre de divers Congrès, et, notamment, au Congrès international de l'Enseignement technique, commercial et industriel, puis au Congrès des Habitations à bon marché.

L'honneur fait par la Société à M. Rémaury lui imposait le devoir de la remercier sans retard et de lui présenter un compte rendu sommaire avant la publication des documents qui sont seulement en préparation et sur lesquels il y aura lieu de revenir ultérieurement.

Il importait aussi de constater le succès de la treizième Exposition de

Bordeaux et d'en indiquer les causes, dues à son caractère d'utilité publique et à son excellente organisation dans un milieu où tout a marché à souhait, sous un climat extrêmement favorable aux réunions et aux excursions.

Voici ce qui se rapporte à l'Exposition :

L'Exposition de Bordeaux va fermer ses portes le dimanche 17 novembre 1895; inaugurée le 11 mai, elle a obtenu, de la première à la dernière heure, un succès complet qui prouve que le temps des Expositions n'est pas encore passé, quand elles sont bien organisées et bien conduites, et quand elles n'ont d'autre but que le bien public.

Ce succès fait le plus grand honneur à la Société Philomathique de Bordeaux, à son distingué Président, M. Hausser, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, à son actif Secrétaire général, M. Avril, Ingénieur des Arts et Manufactures, et à tous ceux qui, de près ou de loin, ont apporté leur concours à l'importante manifestation de vitalité du glorieux pays girondin.

Quelques chiffres permettent de constater que la treizième Exposition de Bordeaux a justifié toutes les espérances de la Société Philomathique, et son caractère d'établissement d'utilité publique, qui lui fut conféré par le décret du 27 juillet 1859. Forte de ses traditions et des services rendus par elle, depuis son origine, en 1808, à l'instruction populaire, aux progrès des sciences et des arts, à l'industrie agricole et manufacturière, enfin, au principe des Expositions périodiques, elle a su obtenir, pour sa treizième Exposition, en 1895, d'abord le concours désintéressé d'un très grand nombre de Commissions choisies parmi les notabilités bordelaises, puis l'action très utile d'un Comité parisien de propagande, constitué par la Chambre de Commerce de Paris et présidé par l'honorable M. Couvreur, l'un de ses vice-présidents.

Plus de sept cents exposants parisiens, comprenant cent vingt artistes et les représentants des industries d'art et de luxe de Paris, ont porté à sept mille cinq cents le nombre des exposants; lors de la précédente Exposition, la douzième, en 1882, il y avait eu six mille exposants et un million de visiteurs; tandis que le chiffre des entrées, par ticket ou abonnement, en 1895, dépassera deux millions, avec une recette d'environ 1 200 000 *f.*

La distribution des exposants dans un palais principal et dans des bâtiments et annexes, séparés et égayés par les beaux arbres des Quinconces, faisaient de l'ensemble, étudié par M. l'architecte Tournaire, un tout harmonieux, encadré d'arbres, de fleurs et de verdure, avec d'élégants kiosques, des cafés et des restaurants en quantité suffisante, au centre de la ville.

L'enceinte totale occupait une surface de plus de 100 000 m^2, depuis l'hémicycle où s'élève le monument des Girondins, jusqu'à l'escalier monumental donnant accès, du côté de la Gironde, au bâtiment des vins, entre les deux colonnes rostrales qui datent de 1829 et sont surmontées de statues représentant l'une le Commerce, l'autre la Navigation.

M. Hausser avait compris que l'Exposition ne devait pas être seulement matérielle et muette, mais qu'elle devait être animée par de

Congrès et des Conférences. Il y en a eu trente, et il est permis de dire que leurs travaux laisseront une trace durable et féconde.

Les communications présentées à ces Congrès, leurs discussions et leurs conclusions sous forme de vœux ou autrement, ont réuni les hommes de bonne volonté de la France et des autres pays, qui ont mis généreusement en commun des documents d'une haute valeur; ce sont, en quelque sorte, les annales des progrès de l'humanité, en dehors des questions de frontières, abaissées dans ces réunions pour le plus grand profit des relations internationales.

C'est ce qu'ont fait ressortir, avec leur grande autorité, les éminents Présidents des Congrès sur lesquels M. Rémaury remettra une note *in extenso* pour le *Bulletin*.

Il tenait dès aujourd'hui à signaler une double invitation officielle adressée par les sympathiques représentants de la Belgique et de l'Espagne :

1° Pour un Congrès des Habitations à bon marché, à Bruxelles, en 1897;

2° Pour le quatrième Congrès de l'Enseignement technique, à Madrid, en 1897.

Les dates de la réunion de ces deux Congrès seront combinées de manière à permettre d'assister à l'un et à l'autre. Celui de Madrid aurait lieu probablement au printemps et celui de Bruxelles en été.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Rémaury pour sa double communication qu'il a bien voulu nous faire. Il y a intérêt pour la Société à être tenue au courant des études qui touchent aux questions d'économie sociale et M. Rémaury a su nous les présenter d'une manière aussi attachante qu'élevée.

M. LE PRÉSIDENT invite ensuite M. de Grièges père, présent à la séance, à donner à la Société quelques renseignements sur le travail intéressant qu'il a eu à exécuter à la gare Montparnasse pour *l'enlevage de la machine et du tender*, à la suite de *l'accident récent survenu à un express de l'Ouest*, accident dont tout Paris a été vivement ému.

M. M. DE GRIÈGES dit que pour se conformer au désir exprimé si aimablement par notre cher Président, il vient donner quelques détails sur les opérations du relevage de la machine et du tender du train 56 de Granville, tombés le 22 octobre de la gare Montparnasse sur la place de Rennes.

Dans sa chute, la machine était venu piquer, sous un angle de 55°, dans la chaussée, où elle pénétrait d'un mètre, son avant reposant sur la voûte d'un égout, tandis que l'arrière restait appuyé sur l'avant du tender qui s'était interposé verticalement entre elle et la façade de la gare. La machine et le coin formé par le tender représentaient l'hypoténuse d'un triangle rectangle, hypoténuse de 11 *m* incliné de 55° sur la base horizontale du sol.

L'examen détaillé des organes de la machine, du tender et du train et les expériences nécessitées par l'enquête judiciaire et administrative ne permirent de procéder au déblaiement que le 24 octobre.

On fit installer sur la plate-forme de la gare Montparnasse deux chèvres à chaine métallique afin d'amarrer solidement le tender pesant 12 *t*, et dont l'équilibre était tout à fait instable : la pression exercée par la machine ne se transmettait sur la façade de la gare que par l'intermédiaire de la roue avant gauche du tender, les trois autres roues restant absolument isolées.

On comptait profiter de cet équilibre instable pour dégager la machine par un effort de traction exercé par côté, et la faire reposer sur un plan incliné formé de madriers et de traverses qui avait été dressé sous les roues accouplées à 1 *m* de distance.

Mais lorsque l'on tira les véhicules restés dans la gare (après les avoir dégagés de la ferrure de la vitrine qui les recouvrait et qui pesait 2,500 *t*) il se produisit un mouvement du tender. Ce dernier, qui primitivement ne touchait la façade que par une seule roue, vint s'appuyer par ses quatre roues.

Il en résultait une situation beaucoup plus grave de la machine dont l'arrière était alors coincé dans l'avant du tender avec une solidité extrême.

On renforça l'attache du tender vers le haut en lui passant une ceinture de cordages. en le tenant par les chaines des deux chèvres et l'étayant par-dessous par quatre fortes poutres. En même temps les rails des tramways étaient démontés et à distance une tranchée était creusée pour ménager plus tard le glissement de l'avant de la machine: enfin, avec de l'eau, la terre fut rendue plus molle.

A l'arrière de la machine, de fortes chaines furent attachées et avec des hommes puis avec douze forts chevaux on essaya de la décoincer par le côté. Tous les efforts furent inutiles à cause du coincement survenu.

On dut recourir à un moyen mécanique plus complet.

Le 25 au matin le grand treuil de la Société des anciens établissements Cail servant à manier les grosses pièces d'artillerie, pièces de pont, etc., était amené place de Rennes et amarré fortement dans le pavage à 25 *m* environ de la machine.

Entre le treuil et la machine avait été intercalé un moufle à six brins.

Ce treuil à quatre manivelles disposé pour être actionné par seize hommes, est susceptible d'un effort maximum exercé aux crochets du moufle de 220 000 *kg*.

Pour tirer la machine, dix hommes seulement actionnèrent le treuil, exerçant un tirage lent des câbles mouflés, reliés à une forte élingue passée dans les rayons et autour de l'essieu arrière gauche. La machine, dont les mouvements successifs se suivaient à l'aide de repères, après trois soubresauts, se détachait du tender; ses roues accouplées reposant sur le plan de madriers, tandis que l'avant déplacé comblait la tranchée préparée *ad hoc*.

L'effort exercé par le treuil pour cet arrachement avait été de 70 000 *kg*.

La journée du 26 octobre fut employée à riper la machine, à la ramener horizontalement, puis à la soulever à l'aide de poutres et verins Mathias à une hauteur de 1,40 *m* afin de passer sous ses roues un chariot d'une tare de 20 *t*.

Dans la nuit du 26 au 27, ce chariot traîné par vingt-cinq chevaux, était conduit de la gare Montparnasse à l'usine Cail.

Le dimanche 27, les dernières mesures étaient prises pour remonter en gare le tender; à cet effet, une troisième chèvre de 12 *m* de hauteur était dressée devant la façade de la gare. Par l'action simultanée des trois chèvres et la traction exercée dans la gare par une locomotive sur l'arrière du tender, celui-ci rentrait à 11 heures et demie du matin par la baie qu'il avait traversée le 22 à 4 heures du soir.

En résumé, ce travail qui se présentait dans des conditions tout à fait exceptionnelles, a été effectué par une seule équipe composée de trente-quatre agents appartenant à différents corps d'état, ouvriers et manœuvres de la Compagnie, charpentiers, etc., sans qu'il se soit produit aucun accident de personne.

Ce résultat doit être attribué à l'unité de commandement dans les manœuvres confié au chef de dépôt de Vaugirard et à la parfaite discipline du personnel placé sous ses ordres.

M. LE PRÉSIDENT adresse à M. de Grièges ses félicitations pour la manière dont il a exécuté ce travail particulièrement délicat et si rempli d'imprévu et de nouveauté; il le remercie des renseignements qu'il vient de fournir à ce sujet à la Société.

La parole est ensuite donnée à M. R. Varennes pour sa communication sur l'*Accroissement de la vitesse des trains express en France de 1854 à 1895.*

M. R. VARENNES dit que ce qui l'a engagé à faire une étude consciencieuse de la vitesse de nos express, c'est le parti pris avec lequel cette question lui semble traitée par la presse, même scientifique, pour ce qui touche à la France.

M. Varennes a construit un graphique ayant pour abscisses les années de 1854 à 1895 et pour ordonnées les vitesses, de façon qu'il soit possible de juger, par un simple coup d'œil, de l'état de la question à chacune des années de la période comparée.

Les lignes parcourues par les trains les plus rapides de nos six Compagnies françaises différant assez peu au point de vue des difficultés du profil pour être jugées équivalentes, et la vitesse « MOYENNE DE PLEINE MARCHE » tenant compte des stationnements aussi bien que du temps perdu à chaque arrêt pour amortissement de vitesse et démarrage, il s'en suit que le graphique ainsi établi représente le plus équitablement possible ce qui existe en fait.

De 1854 à 1876, on peut dire, d'une façon générale, que les vitesses se valent sur nos lignes françaises. En 1876, la Compagnie d'Orléans apporte au train de Paris à Bordeaux une accélération extrêmement remarquable : mais, depuis 1876 jusqu'en 1895, il n'y a plus eu d'accélération.

Les autres Compagnies, entraînées par l'exemple de l'Orléans, accélèrent peu à peu leurs services de telle sorte qu'à partir de 1889, la Compagnie d'Orléans est dépassée par celle du Nord qui prend la tête avec une avance de plus en plus considérable.

Le P.-L.-M. et l'Ouest, qui pendant longtemps étaient restés en

arrière, suivent en 1893 le mouvement général et le P.-L.-M. se place sur le même rang que l'Orléans, l'Est et le Midi.

De telle sorte qu'en 1895, les Compagnies françaises peuvent être classées, au point de vue de la vitesse moyenne de pleine marche, en trois catégories très tranchées :

Au premier rang : le Nord, avec 85 *km* à l'heure.

Au second rang, *ex æquo :* l'Est, le Midi, le P.-L.-M., le P.-O, avec 72 à 73 *km* à l'heure.

Au troisième rang : l'Ouest, avec 67 *km* à l'heure.

Ces résultats absolument remarquables surtout pour le Nord et le P.-L.-M. (eu égard aux lourdes charges des express de Marseille) font le plus grand honneur à nos éminents Collègues, MM. du Bousquet, Ch. Baudry, Salomon, Millet et Polonceau.

Examinant ensuite les instruments de la vitesse, c'est-à-dire les locomotives et leurs transformations successives de 1854 à 1895, M. Varennes, rappelle les expériences faites en 1889 et 1890 par la Compagnie de P.-L.-M. pour juger de la stabilité et de la puissance des principaux types de locomotives de grande vitesse. Ces expériences extrêmement intéressantes où furent réalisées des vitesses atteignant 144 *km* à l'heure, eurent comme conséquence technique la condamnation, au moins pour les très grandes vitesses, des locomotives ayant les cylindres extérieurs en porte-à-faux à l'avant du premier essieu. M. Varennes explique pourquoi ces machines ont une tendance à prendre une position d'obliquité par rapport à la voie en même temps qu'on peut craindre un déchargement éventuel du premier essieu ; il commente les *Observations sur les trains à marche rapide* de M. Worms de Romilly, Ingénieur en chef du contrôle, concluant que le type de machine dont il est parlé offre *une sécurité moindre.*

M. Varennes est d'avis que les limites maxima de vitesse réelle autorisée aux mécaniciens sont trop faibles aujourd'hui, attendu qu'elles sont les mêmes qu'en 1853, alors que depuis cette époque les conditions de sécurité ont considérablement augmenté tant par l'établissement d'une voie plus solide que par l'emploi d'un matériel roulant plus stable et muni de freins continus.

Comme, pour réaliser de grandes vitesses, il est indispensable d'avoir non seulement des machines rapides, mais aussi une bonne voie munie de dispositifs permettant de franchir sans ralentissement, comme en Angleterre, les bifurcations et enfin des trains dont la charge ne soit pas déraisonnable, M. Varennes conclut que la vitesse des express ne dépend pas uniquement de la traction et qu'elle est une résultante de la traction, de la voie et de l'exploitation. La vitesse résume ainsi les efforts faits par l'ensemble des services de chaque administration pour satisfaire les besoins du public.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Varennes pour les renseignements extrêmement intéressants qu'il vient de donner dans sa communication, aussi bien au point de vue historique qu'au point de vue technique. Espérons que cette communication si documentée établira

entre les Compagnies une émulation favorable à l'amélioration du service des trains express.

L'ordre du jour appelle ensuite la communication de MM. G. Dumont et G. Baignères sur les *Application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer*, la parole est donnée à M. G. Baignères.

M. G. Baignères, sans revenir sur des sujets, objet de précédentes communications faites à la Société par M. G. Dumont ou de MM. G. Dumont et Baignères auxquelles il se réfère, fait un exposé très complet de la question en particulier des appareils télégraphiques et des appareils destinés à transmettre les signaux et à assurer la sécurité des voyageurs et employés à l'heure actuelle.

M. le Président remercie MM. G. Dumont et Baignères de l'intéressant travail qu'ils viennent de présenter et qui sera publié *in extenso* au *Bulletin*. On remarque qu'avec beaucoup de modestie les auteurs n'ont fait que citer les appareils dont ils sont les inventeurs et qui cependant, par leur ingéniosité, sont destinés à rendre les plus grands services aux Compagnies de Chemin de fer. Il les engage à continuer à tenir la Société au courant des progrès réalisés dans les questions de signaux et d'appareils électriques dans lesquelles ils ont acquis une grande et légitime autorité.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. G.-I.-B. Damoiseau, I.-B.-E. Delhotel, F.-H. Drouin, et P.-Ch.-A. Rotteleur comme membres sociétaires et de M. I.-F. Prevet comme membre associé.

MM. F. Bruyère, G.-R. Henderson, L.-A. Lacauchie, F.-P. Le Roy, E.-L.-I. Maglin, C. Rovsing et F. Vercken sont reçus comme membres sociétaires et MM. I.-E.-F. Crouzet-Hildebrand, P.-V. Fortin et H. Pajot comme membres associés.

M. le Président fait remarquer que malgré l'époque avancée de l'année le nombre des personnes qui demandent à être admises dans la Société est encore des plus satisfaisants.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 22 NOVEMBRE 1895

PRÉSIDENCE DE M. J. FLEURY, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT excuse tout d'abord notre Président, M. L. Appert, qui est dans l'impossibilité d'assister au début de la réunion, malgré le très grand intérêt que présente pour lui cette séance où vont être traités des sujets qui le touchent personnellement de très près. M. Appert lui a, dit-il, fait le grand honneur de le déléguer pour présider à sa place; il a accepté cette délégation avec reconnaissance, mais non sans une certaine crainte, et sollicite toute la bienveillance de l'assemblée.

M. DE FRÉMINVILLE demande la parole pour une rectification au procès-verbal.

Il a été dit par M. R. Varennes que les vitesses des trains de la Compagnie d'Orléans sont restées stationnaires depuis 1877. Or, le relevé suivant montre qu'il n'en est pas ainsi.

Années.	N^os des trains.	Vitesses nominales.	Vitesses commerciales.
1877 à 1884. . .	Tr. 3 et 24. . . .	70 *km*	61 *km*
1884 à 1890. . .	Express à 75 *km*. .	75	65
1890 à 1895. . .	Sud-Express . . .	85	73

M. de Fréminville fait en outre remarquer qu'à partir de 1884 le nombre de trains marchant à l'allure de train rapide a été augmenté sur le réseau d'Orléans.

M. R. VARENNES répond à M. de Fréminville qu'il a considéré uniquement dans son étude le train *régulier* le plus rapide de chaque Compagnie, comme il a eu soin de le faire remarquer, et par suite sans tenir compte du nombre des express, ce qui eût été, du reste, singulièrement difficile. Le Sud-Express n'est pas un train régulier : c'est un train de luxe ayant, d'ailleurs, une vitesse de retour inférieure à celle de l'aller et ne circulant que deux ou trois fois par semaine.

C'est donc le rapide quotidien de Paris à Bordeaux qui a été pris pour terme de comparaison avec les autres rapides quotidiens des grandes lignes françaises. M. Varennes est parfaitement d'accord avec son collègue sur l'augmentation de la vitesse commerciale qui a été réalisée depuis 1876, par suite de la diminution du nombre des arrêts et de la suppression du stationnement au buffet résultant de l'adjonction d'un wagon-restaurant.

Mais ce n'est ni la « *vitesse nominale* » ni la « *vitesse commerciale* »,

mais bien la « *vitesse moyenne de pleine marche* », telle qu'il l'a définie, qui a été considérée, afin d'établir le plus consciencieusement possible une base de comparaison entre les divers express. Le dépouillement de documents authentiques auquel s'est livré M. Varennes (livrets Chaix des années de la période comparée) lui a permis de constater que cette vitesse n'a pas été, depuis dix-neuf ans augmentée, d'une façon appréciable du moins, car il a arrondi les chiffres en plus ou en moins, en négligeant les fractions inférieures à un demi-kilomètre.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il ne croit pas que ces observations constituent une rectification; il propose de les insérer simplement au procès-verbal de ce jour *(adopté)*.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté sous le bénéfice des observations de M. de Fréminville.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de deux collègues :

M. G.-A. Cassagnes, Directeur de la revue *Les Annales Industrielles*, ancien rédacteur en chef des *Annales de la Construction* et du *Portefeuille des Machines*. Il était très connu de la plupart de ses collègues et était membre de la Société depuis 1872 ;

M. H. Hermary, agriculteur, spécialité qui n'a malheureusement pas beaucoup de représentants dans la Société. Sa perte lui est d'autant plus sensible qu'il lui appartenait depuis sa fondation, c'est-à-dire depuis 1848.

M. LE PRÉSIDENT adresse aux familles de ces collègues l'expression des regrets de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'à la suite de l'Exposition de Bordeaux qui, comme on le sait, vient de fermer ses portes après un grand et légitime succès, un grand nombre de membres de la Société y ont obtenu des récompenses ou des citations qui sont à l'honneur de leur industrie et dont il y a lieu de les féliciter. Cette liste sera publiée à la suite du procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance (publiée à la suite du procès-verbal).

Il signale spécialement un livre pratique d'électricité intitulé *Recettes de l'Électricien*, par notre collègue si connu M. HOSPITALIER;

Le Caoutchouc et la Gutta-percha, par MM. Th. SEELIGMANN, G. LAMY-TORRILLON et H. FALCONNET (hommage à la Société de notre collègue M. Falconnet) ;

Les Machines à bois américaines à Chicago, par M. Antoine VAUTHIER;

La Mécanique générale américaine à Chicago, par notre éminent collègue M. G. RICHARD.

Ces deux ouvrages émanent, il est à peine besoin de le faire remarquer, d'auteurs hautement appréciés; ils sont d'autant plus instructifs qu'ils contiennent beaucoup de choses entièrement nouvelles. M. Auguste Moreau en donnera bientôt une idée complète, car il a bien voulu se charger d'en faire le compte rendu à une prochaine séance.

Enfin une série de mémoires et de comptes rendus d'Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, notamment les comptes rendus de notre collègue M. Schmidt, Ingénieur en chef de l'Association des pro-

priétaires d'appareils à vapeur des départements de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, et aussi le compte rendu d'essais très documentés de vaporisation faite en Allemagne.

M. LE PRÉSIDENT regrette que la vente de la bibliothèque et des collections scientifiques dépendant de la succession de notre regretté Trésorier honoraire, M. G. Loustau, n'ait pas été portée à la connaissance du Secrétariat assez tôt pour pouvoir être utilement annoncée à la précédente séance. M. Loustau possédait une bibliothèque riche en manuscrits, ouvrages rares et ouvrages scientifiques, et une collection de géologie très remarquable. La bibliothèque est actuellement vendue, la vente des collections de fossiles du bassin de Paris sera terminée le 23 novembre.

M. LE PRÉSIDENT informe l'Assemblée que la ville de Rouen organise une exposition pour l'année 1896. Cette exposition ouvrira au mois de mai et durera cinq mois environ. Les documents relatifs à cette exposition sont déposés au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, trois lettres dont M. LE SECRÉTAIRE donne lecture et qui resteront au Secrétariat à la disposition des collègues que ces questions intéressent.

La première est relative aux égouts de Mexico. M. le Chargé d'affaires de France au Mexique a fait parvenir au Ministère du Commerce un rapport détaillé sur les conditions dans lesquelles on doit procéder à la réfection totale des égouts de la ville de Mexico et sur les travaux publics éventuels à effectuer au Mexique. Le Ministre de France insiste sur ce fait que le Gouvernement mexicain verrait avec plaisir l'industrie française lui offrir son concours pour les travaux en question.

La seconde est relative à la construction du port de Santa-Fé (République Argentine). Les constructeurs français pourront concourir pour l'exécution dès que les études seront terminées par les Ingénieurs argentins.

La troisième est relative à la construction d'un grand port en eau profonde à Taganrog (Russie), à la création d'une usine métallurgique dans cette ville, à la création d'un chantier de construction dans cette même ville, enfin au projet de création par cette municipalité d'abattoirs centraux. Le consul de France à Odessa fait remarquer qu'une Société est constituée pour l'exécution du port de Taganrog, que la concession de l'usine métallurgique est dès maintenant concédée avec divers avantages et sous certaines conditions à un Ingénieur belge, avec faculté de rétrocéder sa concession à une Société, et qu'une Société sollicite déjà l'autorisation d'aménager le chantier de construction, qu'il s'agit donc de projets d'un intérêt immédiat qui, s'ils se réalisent, vont donner lieu à des travaux considérables pendant plusieurs années.

Les documents fournis à M. le Ministre du Commerce, au sujet de ces diverses questions seront communiqués aux intéressés par la Direction du commerce extérieur (3e bureau), 80, rue de Varenne.

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société a reçu le dépôt d'un pli cacheté qui a été fait par notre collègue, M. A.-F.-X. Vaillant, architecte. Comme d'usage, acte est donné de ce dépôt à notre collègue.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que chacun des membres a reçu encartée dans le procès-verbal la communication des dispositions qui ont été arrêtées par la Commission dite *de l'Hôtel*.

Les ressources de la Société ayant été reconnues insuffisantes pour la construction d'un hôtel plus vaste que celui du siège social actuel, un emprunt a été autorisé pour cela par l'Assemblée Générale. Aujourd'hui le terrain est acquis, il y a nécessité de réaliser cet emprunt.

Les conditions de l'emprunt sont maintenant connues : il constitue un placement bien gagé sans parler du surcroit de garantie que donne la vitalité de la Société.

Le Comité a cru devoir réserver la souscription pour les membres de la Société, il espère que l'emprunt sera complétement couvert et même plusieurs fois couvert par les membres de la Société. L'empressement qui a été témoigné dans les premières heures d'ouverture de la souscription est, du reste, de bonne augure.

M. LE PRÉSIDENT recommande à nos collègues de ne pas trop différer l'envoi de leur bulletin de souscription. C'est le meilleur moyen de ne pas l'oublier.

Le terrain acheté n'est peut-être pas situé en un point aussi central que quelques-uns l'avaient espéré, il est au moins très voisin du point préféré. Il est assez vaste, la dimension de la façade est très satisfaisante. Le projet est entre bonnes mains, il est confié à un architecte de talent et plein d'ardeur, notre collègue M. F. Delmas. Il est assisté des conseils de personnes compétentes qui se trouvent dans la Société qui lui diront non seulement ce qui est utile mais aussi ce qui est agréable à voir et ce qui est beau, car le côté artistique ne sera pas négligé.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. G. Lesourd, pour faire une communication sur le *Frein électro-pneumatique*, de M. CHAPSAL.

M. G. LESOURD expose tout d'abord les raisons qui, depuis quelques années, ont conduit les Compagnies de chemins de fer à augmenter successivement le nombre des véhicules entrant dans la composition d'un train.

Dans cette voie, elles ont trouvé, en ce qui concerne la question des freins continus, un obstacle imprévu et qu'elles ne sont pas encore parvenues à surmonter.

En effet, les anciens appareils de freins qui fonctionnaient d'une façon satisfaisante pour des trains de longueur ordinaire, devenaient d'une manœuvre délicate et même dangereuse lorsqu'on dépassait un certain nombre de véhicules; ces difficultés provenaient surtout des rentrées et des sorties d'air qui devaient se faire par la seule ouverture du robinet de manœuvre, et qui donnaient lieu à des lenteurs de fonctionnement et à des remous d'autant plus grands, que le nombre des véhicules était plus considérable.

A l'appui de ce fait, il est donné quelques indications sur la façon dont se comporte la colonne d'air enfermée dans une conduite, lorsqu'on vient à la mettre en mouvement dans un sens ou dans l'autre.

Pour remédier à ces inconvénients, on a été conduit à construire des appareils dits à fonctionnement rapide, les uns purement électriques, les autres purement pneumatiques, d'autres enfin à la fois électriques

et pneumatiques. Les appareils purement électriques n'ont pas été adoptés, malgré les essais prolongés qu'on en a faits, dans un temps déjà éloigné, probablement parce qu'ils plaçaient le fonctionnement des freins sous la seule dépendance d'une manœuvre électrique, au sujet de laquelle on était loin d'avoir à cette époque, la certitude que l'on a aujourd'hui.

M. Lesourd estime que tout appareil nouveau qui nécessiterait la suppression des freins actuels, n'aurait, aujourd'hui, pas de chance d'être adopté, à cause des frais et modifications considérables qu'il entrainerait pour les Compagnies.

Les appareils purement pneumatiques peuvent se diviser en deux groupes, dont les uns, comme les freins Westinghouse, Wenger, Soulerin, font usage d'accélérateurs, tandis que les autres, comme ceux de la Compagnie de Fives-Lille, emploient des retardateurs.

Le principe des premiers, consiste à produire lors du serrage, des évacuations d'air locales sur chaque véhicule ; ces évacuations sont obtenues à l'aide d'accélérateurs placés à côté des distributeurs anciens, et on est arrivé à obtenir, même sur des trains de cinquante voitures, une rapidité de propagation du serrage suffisante pour donner des arrêts satisfaisants ; toutefois, ces appareils sont restés ce qu'ils étaient au point de vue du desserrage, qui met trois ou quatre fois plus de temps à se produire que le serrage, et ils sont par conséquent, comme les anciens, inemployables sur des trains d'une certaine longueur. Il est en effet impossible avec eux, de desserrer ou de ralentir sans arrêter complètement le train, ou sans s'exposer à une ou plusieurs ruptures d'attelage, provenant en général, du coup de fouet que donnent les premiers véhicules desserrés, sur la queue du train qui ne l'est pas encore. C'est sans doute principalement cette lenteur du desserrage, qui lors des essais nombreux et répétés, effectués en 1889 sous le contrôle de la Commission dite de trains longs, présidée par M. l'Inspecteur général de la Tournerie, fit rejeter à plusieurs reprises de la façon la plus absolue tous les systèmes présentés.

Dans les appareils dits à retardateurs, on a cherché au contraire à retarder le freinage des voitures de tête ; ces appareils sont basés sur la force vive d'un système mobile, variant avec la vitesse de l'air comprimé qui le met en mouvement. Ils ont toujours été entourés d'un certain mystère, et il est probable qu'ils n'ont pas encore donné de résultats définitifs, puisqu'il n'en a été fait jusqu'ici aucune expérience publique.

Quoi qu'il en soit, tous les appareils pneumatiques à fonctionnement rapide portent toujours un moyen de séparation entre les distributeurs anciens et les accélérateurs ; M. Lesourd ne pense pas qu'on ait jamais pu les voir jusqu'ici, sur certains réseaux étrangers qui les ont adoptés, fonctionner normalement avec accélérateurs ouverts ; il faut donc les considérer comme rentrant jusqu'ici, quoique appliqués quelquefois sur une assez grande échelle, dans le domaine plutôt théorique ; et étant données les considérations techniques développées plus haut, il n'est pas probable qu'ils en sortent sans de profondes modifications.

La troisième classe de freins, employant à la fois l'action pneumatique

et l'action électrique, comprend un assez grand nombre d'appareils, tels par exemple que les freins Carpenter, Card, le frein mixte Lipkowski et le frein de la Compagnie Westinghouse, pour ne citer que les plus importants.

Tous ces appareils sont tributaires uniquement de l'électricité, soit au serrage, soit au desserrage, sans compter les autres desiderata qu'ils présentent. Aucun d'eux ne donne donc une sécurité absolue, au point de vue d'un raté possible de l'un des deux freins.

Efin, leur fonctionnement n'est pas indépendant du nombre des véhicules, aussi bien au serrage qu'au desserrage.

Le dispositif Chapsal diffère entièrement de tous ces systèmes en ce sens, que le fonctionnement pneumatique et le fonctionnement électrique sont toujours intimement liés, toujours simultanés, aussi bien au serrage qu'au desserrage, en telle sorte qu'un raté de l'un quelconque des freins laisse libre le fonctionnement de l'autre.

L'action électrique vient en aide à l'action pneumatique, et se substitue à elle, aussi bien au serrage qu'au desserrage, jusqu'à ce qu'elle ait eu le temps de se produire au point considéré, de façon à rendre le fonctionnement du frein absolument indépendant du nombre des véhicules, dont chacun a pour ainsi dire son fonctionnement autonome.

Le dispositif Chapsal donne en outre la modérabilité au serrage et au desserrage, ces deux modérabilités combinées permettant la descente des pentes dans des conditions exceptionnelles.

Il supprime tous les arrêts intempestifs dus à des ruptures de boyaux ou à des accidents semblables, en permettant au mécanicien de desserrer immédiatement son train, sans descendre de sa machine, avant même qu'il n'ait subi un ralentissement notable.

Il supprime par cela même tous les blocages intempestifs de voiture isolée en cours de route.

La simultanéité des deux actions donnera dans les arrêts d'urgence, une diminution de longueur d'autant plus sensible que les trains seront plus longs.

Enfin le frein Chapsal ne se présente pas sous la forme d'un appareil excluant les autres, mais peut au contraire s'appliquer à tout système existant, en lui donnant les avantages principaux énumérés ci-dessus.

M. Lesourd dit ensuite quelques mots de la modérabilité, qui consiste à envoyer au cylindre à frein, au lieu de la pression totale, une pression partielle et à la faire varier dans un sens ou dans l'autre. Il explique comme quoi la triple valve Westinghouse a donné lieu, à ce sujet, à des opinions opposées quoique également fondées, en ce sens qu'elle est modérable, mais seulement dans un ensemble de circonstances données très difficile à obtenir en pratique.

M. Lesourd passe à la description des appareils à l'aide de figures mobiles à grande échelle placées au tableau, et donne, expérimentalement, la preuve de ce qu'il a avancé au sujet de la modérabilité de la triple valve. Il décrit ensuite les divers organes dont se compose le dispositif Chapsal, appliqué au frein Westinghouse, à savoir : un fil de serrage et un fil de desserrage, régnant tout le long du train ; sous chaque voiture, une valve électrique de serrage, une valve électrique de desserrage et

un commutateur obtenu en modifiant la partie supérieure de la triple valve; sur la locomotive, une légère modification du robinet de manœuvre consistant dans le remplacement de sa couronne supérieure actuelle, par une couronne formée de parties isolantes ou conductrices.

Il indique ensuite comment sont obtenus, à l'aide de simples manœuvres du robinet, et sans apporter aucun changement aux habitudes du fonctionnement actuel :

1° Le serrage à fond électrique et pneumatique;
2° Le desserrage à fond électrique et pneumatique;
3° Le serrage à fond électrique seul;
4° Le desserrage à fond électrique seul;
5° La modérabilité au serrage;
6° La modérabilité au desserrage;
7° La combinaison de ces deux modérabilités;
8° Le non-blocage du train en cas de rupture de boyau, avec robinet à la position I ou II, ainsi que les serrages et desserrages successifs que peut ensuite faire le mécanicien, tout en ayant sa conduite ouverte.
9° Le blocage et le déblocage immédiat, en cas de rupture de boyau, avec robinet à la position 3, ainsi que les serrages et desserrages successifs qu'on a encore à sa disposition comme plus haut;
10° La suppression des blocages intempestifs de voitures isolées;
11° L'indépendance absolue du fonctionnement des deux freins.

M. Lesourd fait ensuite une série d'expériences pratiques à l'aide d'un ensemble d'appareils représentant ceux montés sur une locomotive et sur une voiture, et produit successivement tous les résultats précédemment indiqués.

L'air comprimé est fourni dans ces expériences à l'aide de tubes à acide carbonique liquide, obligeamment prêtés par la Compagnie Antiseptique, et que notre collègue M. Leroux, Chef du service mécanique de la Compagnie Générale des Omnibus, a bien voulu faire charger d'air à 75 *atm*, dans un de ses dépôts.

A la suite de ces expériences, M. Lesourd résume les avantages présentés par le nouveau dispositif, et qui ont déjà été en détails signalés plus haut. Il ajoute qu'il a pensé que ces explications seraient de nature à intéresser beaucoup de nos collègues, et plus particulièrement ceux qui tiennent de près ou de loin aux Compagnies de chemins de fer; et c'est précisément l'intérêt profond qui s'attache à l'heure actuelle à ces questions, au point de vue de la sécurité, de l'amélioration de l'exploitation, et à tant d'autres encore, qui l'a conduit à les exposer un peu longuement peut-être.

Il termine en disant que sur ce point spécial, comme sur beaucoup d'autres, nous avons une large revanche à prendre sur l'industrie étrangère. Aussi en remerciant vivement l'auditoire de la bienveillante attention qu'il lui a accordée, il souhaite bonne chance à cette invention, si remplie d'intérêt et de nouveauté, et ce qui ne la gâte en rien, si française.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Lesourd de sa communication. La manière dont elle a été accueillie par l'Assemblée lui indique

mieux qu'il ne pourrait le faire combien elle a été goûtée et appréciée. Il est toujours difficile d'exposer clairement un dispositif de machine, M. Lesourd s'en est tiré avec une clarté, une lucidité, un ordre et une méthode dans la parole, dont il avait déjà fait montre dans ses précédentes communications et dont il y a lieu de le féliciter à tous égards.

Grâce à ce qu'il vient d'exposer, on peut maintenant être complètement rassuré sur l'avenir qu'a fait entrevoir M. Varennes à la dernière séance; ce nouveau frein semble devoir beaucoup faciliter l'emploi des rès grandes vitesses.

M. le Président donne la parole à M. Eug. Sartiaux pour sa *Communication sur l'emploi du verre dans les applications industrielles de l'électricité.*

M. Eug. Sartiaux fait connaître d'abord les diverses matières employées par l'industrie électrique comme isolant, ce sont l'ébonite, le caoutchouc, la fibre, le bois durci, le mica, l'ivorine ou autres produits analogues, le marbre, la porcelaine et l'ardoise. Il indique les qualités de ces matières, puis arrive à parler du verre qui, par son inaltérabilité et sa mauvaise conductibilité, lui paraît devoir remplacer dans beaucoup de cas, les autres matières isolantes. Il ajoute que si les électriciens avaient trouvé auprès de MM. les Verriers, un concours moins réservé, le verre occuperait aujourd'hui un rang d'honneur.

Il rappelle ensuite les divers emplois qui ont été faits du verre depuis le milieu du siècle dernier jusqu'à nos jours. Il cite les physiciens Van Marum, de Haarlem; le démagogue Marat, exécuté par Charlotte Corday, Sigaud de la Fond. Benjamin Franklin, Joseph Priestley, qui ont publié des travaux importants sur la physique, dans lesquels le verre a été étudié et utilisé. A notre époque, il cite des emplois multiples du verre, adopté pour les appareils de précision ou de mesures pour l'électricité, pour les vases à piles primaires, pour les lampes à arc et incandescence, pour les poulies des dynamos, pour les phares et les projecteurs de la tactique marine.

Il indique les essais faits avec le verre par MM. Cabirau et Appert à l'aide du verre Athermane et Diathermane; par le baron Thénard et le frère Paulin, pour l'électro-culture; il cite encore les applications du verre faites au bureau météorologique de France; puis pour les condensateurs, pour l'électrocution, pour la construction des ampoules à incandescence et, enfin, pour les accumulateurs électriques.

M. E. Sartiaux donne une description sommaire et intéressante de l'accumulateur, puis des vases de différentes formes et de compositions différentes dont l'industrie électrique fait usage avec ces appareils et arrive au récipient en verre moulé fabriqué par le procédé Appert.

Il rappelle les procédés de fabrication de ces verres, le concours prêté par la Compagnie des Glaces de Saint-Gobain, et dû à M. Alfred Biver, et les résultats obtenus grâce à M. Henrivaux, Directeur de l'usine de Saint-Gobain.

Avec les vases, il parle encore des accessoires entrant dans le montage des accumulateurs et expose et montre des pièces multiples fabriquées soit par la Compagnie des Glaces et Verreries du Nord, sous l'habile et

active direction de son Directeur, M. Despretz, soit par la Compagnie de Saint-Gobain.

Il fait enfin ressortir l'avenir du verre dans les emplois de l'électricité, si MM. les Verriers voulaient bien ajouter à leur fabrication habituelle et restreinte, *l'article électricité*.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Sartiaux de la communication si instructive qu'il vient de faire. Ce n'est pas seulement un excellent historique de l'accumulateur qu'il vient de présenter, c'est aussi, pour la plupart, une révélation d'une fabrication très intéressante et très curieuse, et qui, comme l'a fait pressentir M. Sartiaux, n'est pas sur le point d'arriver à son apogée.

Ces éloges mérités adressés à l'orateur, M. le Président ajoute qu'il adhère pleinement à ce qui vient d'être dit au sujet de la réserve extrême de MM. les Verriers sans en excepter les membres de la Société les plus éminents et les plus haut placés, ceux qui, ayant introduit dans leur industrie les perfectionnements les plus ingénieux, n'en ont pas assez souvent parlé à la Société au gré de leurs collègues.

Dès le commencement de cette année, du reste, M. le Président de la Société, l'inventeur des procédés très remarquables décrits par M. Sartiaux, a fait pressentir que la verrerie est une industrie qui aime le mystère. Il y a lieu de penser que le conseil donné par M. Sartiaux sera entendu, et que les Verriers comprendront qu'ils feraient plus d'affaires s'ils étaient moins réservés.

L'exemple qu'il vient de donner en soulevant un coin du voile qui cache le temple d'Isis, montrera qu'il n'y a pas grand inconvénient à révéler des procédés dignes d'honorer tout à la fois la science, l'industrie et ceux qui les ont si ingénieusement appliqués.

Leurs noms, tous nos collègues les connaissent, celui du Président de la Société d'abord, qui est apprécié de tous; celui de M. Biver, qui semble lié à celui de l'usine de Saint-Gobain, car toute la famille y a travaillé (ils se sont succédé dans cette grande industrie des glaces qui est devenue une industrie à branches multiples); celui de M. Desprez et celui de M. Henrivaux, nos distingués collègues auxquels on ne peut que répéter les éloges mérités qui leur ont été adressés par l'orateur.

M. LE PRÉSIDENT espère que ce n'est pas la dernière fois que la Société entend parler de la verrerie qui est une industrie dont les progrès sont très intéressants, et cela d'autant plus qu'ils sont la condition du progrès d'autres industries.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. A. de Dax pour expliquer *quelques détails du sous-marin* LE GOUBET.

M. A. DE DAX dit que les journaux ont déjà donné des indications assez nombreuses sur ce bateau. Toutefois, il pense pouvoir en compléter la description sur quelques points dont il n'a pas été question.

Il rappelle d'abord les conditions principales d'établissement :

Longueur 8 *m*; diamètre 1,75 *m*; forme obtenue par la révolution d'un arc de cercle de 10 *m* de rayon autour d'une corde de 8 *m*.

Poids : Coque	6 700 *kg*	9 000 *kg*.
Piles	800	
Mécanisme	600	
Poids de sûreté	900	
Volume		9,750 m^3.
Épaisseur de la coque au centre		22 *mm*.
Épaisseur de la coque aux extrémités		8 *mm*.

La coque, toute en bronze à canon, a été fondue dans les ateliers de nos collègues MM. Muller et Roger et est formée de trois parties : deux pièces à peu près symétriques aux extrémités et une pièce centrale. L'assemblage de ces trois parties, fait au moyen d'un joint spécial, résiste à de très fortes pressions. Il en est de même de la coque qui est intérieurement renforcée par des nervures de fonte.

Des hublots garnis de glaces ayant 3 *cm* d'épaisseur permettent de voir dans toutes les directions. La sécurité est assurée par une quille mobile pesant 900 *kg*, et fixée à son centre par un boulon pénétrant dans l'intérieur de la coque. S'il se produit un accident lorsque le bateau est immergé, il suffit de faire faire un quart de tour à un secteur denté commandant le boulon, et placé sur le plancher central. Aussitôt le déclenchement de la quille-lest se produit et le bateau, allégé de 900 *kg*, remonte à la surface.

Pour assurer le maximum de stabilité, presque tous les appareils et accessoires sont concentrés vers la partie inférieure où se trouve le water-ballast.

Au-dessus de ce water-ballast se trouvent en abord deux caissons renfermant des piles d'un système particulier et donnant, paraît-il, de très bons résultats.

Ces piles actionnent la dynamo-motrice qui tourne à 1 000 tours et dont l'arbre se prolongeant vers l'arrière, commande par un pignon et une roue dentée l'arbre de l'hélice. Les vitesses de commande sont dans le rapport de 4 à 1.

Un joint Goubet, appliqué chez plusieurs de nos constructeurs et grâce auquel on peut établir des transmissions à angle droit, est disposé sur l'arbre de l'hélice dans une petite chambre séparée de la partie centrale. Une commande spéciale permet de faire obliquer l'hélice dans le plan horizontal soit à gauche, soit à droite. Elle remplace ainsi le gouvernail et son action est si efficace que *le Goubet* peut tourner dans un rayon de 10 *m*, c'est-à-dire presque sur lui-même.

Trois personnes trouvent facilement place dans l'intérieur. Au centre l'officier est assis sur un fauteuil mobile, de telle sorte qu'étant placé de manière à avoir la tête à la hauteur des hublots latéraux du dôme, il lui suffit de faire un tour sur son siège pour voir ce qui se passe de tous côtés.

Si le bateau est immergé, on se sert du tube viseur. Ce dernier qui surmonte le dôme et le traverse dans un presse-étoupe est formé de trois séries de tubes, glissant les uns dans les autres et pouvant développer une longueur de 4 *m*, ce qui permet au bateau de s'enfoncer d'autant.

Les prismes dont le tube est muni à chaque extrémité permettent à l'officier de voir ce qui se passe à l'extérieur.

Vers l'avant se trouve placé le mécanicien, vers l'arrière le pilote-électricien. De chaque côté du mécanicien deux leviers articulés commandent les avirons extérieurs destinés à suppléer à l'hélice en cas d'avarie et pouvant donner au bateau une vitesse de *2 nds* à *2 nds 1/2* en eau moyennement calme.

Les avirons sont munis de palettes mobiles analogues à des volets de persiennes et qui font avancer ou reculer le bateau, suivant qu'on les fait ouvrir ou fermer dans un sens ou dans l'autre.

Les piles peuvent fournir la force motrice pendant 30 heures environ. La vitesse prévue par M. Goubet devant être de *6 nds*, on voit que le bateau pourrait parcourir 180 milles marins (environ 333 *km*). Mais un pareil engin n'est pas destiné à s'éloigner des côtes et il n'aura probablement jamais à rester aussi longtemps en marche.

En face du mécanicien se trouve une pompe à deux fins, munie de deux conduites avec robinets. L'une permet l'entrée ou la sortie de l'eau dans le water-ballast, l'autre l'expulsion de l'air vicié.

La purification partielle de l'air est obtenue au moyen de potasse caustique et de chlorure de chaux. En outre, des réservoirs d'oxygène comprimé permettent d'entretenir la composition normale de l'air respirable.

Le bateau étant à la surface, si l'on veut plonger, on ouvre le robinet correspondant et on fait pénétrer une quantité d'eau telle que la partie supérieure du dôme affleure la surface. A ce moment, on règle l'enfoncement à obtenir, non plus, comme dans le bateau précédemment construit, en manœuvrant à la main la pompe, mais au moyen d'un dispositif électro-mécanique que nous ne sommes pas autorisés à décrire pour le moment, mais grâce auquel M. Goubet pense être arrivé à pouvoir maintenir l'immersion à une profondeur constante et réglable à volonté.

Le *Goubet* devant être utilisé pour la défense des côtes, il reste à décrire les appareils qui s'y rapportent.

De chaque côté du bateau et parallèlement au grand axe sont disposés à l'extérieur et dans le sens horizontal deux ailettes assez larges et très minces. Ces ailettes sont destinées à modérer le roulis ainsi que les mouvements d'émersion et d'immersion, et elles servent en même temps de support à deux torpilles automobiles.

Ces torpilles sont maintenues à leur place dans un cadre d'une disposition particulière et un levier mû de l'intérieur permet de mettre leur hélice en marche au moment voulu.

Le Goubet étant immergé à la profondeur nécessaire, et placé en bonne direction, on peut lâcher la torpille sans à-coup. On évite ainsi les déviations qui se produisent fréquemment par suite du mouvement que donne au pendule régulateur le départ brusque du lancement ordinaire.

Les expériences auxquelles M. Goubet va du reste procéder dans quelques jours permettront plus sûrement de se rendre compte des perfectionnements qu'il a pu apporter à cet appareil fort ingénieux qui reproduit, en plus grand et avec des modifications importantes, le premier modèle dont les essais de 1891 avaient déjà donné des résultats fort intéressants.

En terminant, M. de Dax remercie M. Goubet qui, très gracieuse-

ment lui a, dans une visite détaillée de son sous-marin, fourni les indications qui viennent d'être données et l'a autorisé à en faire part à la Société.

M. Sarcia demande, bien que l'heure soit très avancée, à ajouter deux mots à ce qui vient d'être dit par M. de Dax.

Il estime qu'il ne peut être question de bateaux sous-marins devant la Société sans que les noms du *Gymnote* et du *Gustave-Zédé* soient au moins cités. Ces bateaux, montés par nos braves marins, sont depuis quatre ans en service ou en essais à Toulon.

M. Sarcia ajoute qu'il n'a pas la pensée de diminuer en quoi que ce soit le mérite du bateau de M. Goubet ; il tient seulement à rappeler les noms des bateaux sous-marins existant antérieurement qui poursuivent leurs expériences depuis plusieurs années et restent sur la brèche.

M. de Dax fait observer que M. le Président a bien voulu lui accorder la parole ce soir, uniquement pour donner « *quelques détails sur* le Goubet », à la condition qu'il serait bref, l'ordre du jour étant très chargé. Ce n'est donc pas une étude comparative des divers systèmes essayés en vue de la navigation sous-marine qu'il avait à faire aujourd'hui. Mais il se propose de présenter un peu plus tard à la Société une étude sur cette question, et de l'entretenir alors du *Gymnote*, du *Gustave-Zédé* et du *Mors*, actuellement en construction, pour ne parler que de ce qui a été fait en France ; et cela, dès que les essais qui durent depuis plusieurs années, ainsi qu'a bien voulu le rappeler M. Sarcia, auront donné des résultats à peu près définitifs, surtout au point de vue des générateurs de force motrice.

M. le Président remercie M. de Dax de sa communication d'autant plus intéressante qu'elle est toute d'actualité ; elle a très heureusement terminé une soirée pleine d'intérêt et très instructive.

Il est intéressant de savoir que les essais commencés continuent, que de nouveaux viennent encore s'y ajouter. L'appareil que M. de Dax a décrit est tout nouveau ; ceux qu'a rappelés M. Sarcia sont déjà décrits dans plusieurs publications. Ce qui a été dit n'implique aucune idée de supériorité ou d'infériorité pour les uns ou pour les autres.

Tous ces engins sont des engins de destruction formidables ; il serait à souhaiter que parmi eux il y en ait qui soient des engins de conservation et de réparation. Ce qui atténue leur valeur, c'est que tout le monde sait qu'ils existent et comment on peut s'en préserver.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. C. Barbey, M.-A. Durieux et L.-R. March, comme membres sociétaires, et de M. G. Falconnier comme membre associé.

Sont reçus : MM. G.-J.-B. Damoiseau, J.-B.-E. Delhôtel, F.-H. Drouin et P.-C.-A. Rotteleur, comme membres sociétaires, et M. J.-F. Prevet, comme membre associé.

La séance est levée à 11 heures.

PREMIÈRE LISTE

DES

RÉCOMPENSES OBTENUES A L'EXPOSITION

DE BORDEAUX

PAR DES

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Hors Concours :

MM. Fenaille et Despeaux, Durey-Sohy, Hurtu, Hautin et Diligeon, Egrot et Grange, L. Lemoine, Peugeot Frères, Panhard et Levassor, H. Hersent, P.-P. Saillard, Larivière et Cie, Lombard-Gérin, Postel-Vinay, Les Fils de A. Deutsch, V. Mabille.

Grands Prix :

Société des Ingénieurs Civils de France.

MM. A.-H. Croizier, Delaunay-Belleville, De Naeyer, Brault, Teisset et Gillet, Menier, Bail-Pozzy, Coiseau, Couvreux et Allard, Moisant, Laurent et Savey, Henry-Lepaute, Comte de Chambrun, Daydé et Pillé.

Diplômes d'Honneur :

MM. G. Robert, Le Blanc, Brault, Teisset et Gillet, E. Derval, Carré Fils aîné, Hurtu, Hautin et Diligeon, Michelin, Arnodin, Duclos, Henry-Lepaute, Bonnassiès, Werth, Buron, Bauchère, E. Gruner.

Médailles d'Or :

MM. Burgart, Domange, L. Dumont, Jametel, R. Pictet, Landry, Candlot, Sage et Grillet, Edoux, Portal, Bidou, Chaussegros, Trigaux, Pedezert, Grosset, Pagnard, A. Thomas, Raabe, H. de Montgolfier, Michelin.

Médailles d'Argent :

MM. Schabaver, Combelles, de Fréminville.

Médailles de Bronze :

MM. Ed. Henry, Jeunet, L. Charpentier.

Mention Honorable

M. L. Dumont.

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

A

L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER

PAR

MM. G. DUMONT & G. BAIGNÈRES

AVANT-PROPOS

Dans ces dernières années, les applications de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer ont pris une importance telle qu'il nous a paru intéressant de faire connaître aux membres de la Société l'état actuel de la question.

L'électricité qui, au début de l'exploitation des voies ferrées, servait exclusivement à la transmission des dépêches de service de gare à gare, est actuellement employée à transmettre à distance des signaux de toute nature, à contrôler le fonctionnement des appareils mécaniques et même à actionner à distance certains de ces appareils ; enfin depuis que l'éclairage électrique est entré dans le domaine de la pratique, les Compagnies de chemins de fer ont installé des usines d'électricité pour l'éclairage de leurs grandes gares et ont utilisé l'énergie mise ainsi à disposition pour actionner des engins de manutention et pour pourvoir à l'éclairage électrique des trains.

Le programme que nous nous sommes tracé ne comportant pas la description détaillée de tous les appareils en usage, ce qui nous entraînerait trop loin, nous nous bornerons à indiquer le but et le principe des appareils et à montrer quelles précautions minutieuses ont été prises par les Compagnies de chemins de fer pour prévenir les accidents.

I. — APPAREILS DE CORRESPONDANCE

Télégraphe

Au premier rang des appareils électriques destinés à assurer la sécurité de l'exploitation des voies ferrées, se place le télégraphe qui permet de communiquer rapidement d'une gare à l'autre toutes les indications qui ont trait à la circulation des trains. Par une heureuse coïncidence, la télégraphie électrique fit son apparition peu de temps après la création des chemins de fer, et son application facilita singulièrement les progrès de l'industrie naissante des transports par voie ferrée.

On employa d'abord le télégraphe à cadran de Bréguet, qui est maintenant presque entièrement abandonné sauf cependant sur certaines lignes du chemin de fer de Paris à Orléans et de la Compagnie de l'Ouest; il a été avantageusement remplacé par le télégraphe Morse, qui permet de conserver la trace écrite des ordres transmis et d'établir ainsi les responsabilités en cas d'erreur dans les transmissions.

Une des raisons qui ont retardé l'usage du Morse dans le service courant des chemins de fer, était la crainte de confier aux agents des gares, et non à des télégraphistes de profession, des appareils dont la manipulation paraissait devoir exiger un apprentissage long et pénible. Or, l'expérience a prouvé que sauf de rares exceptions, tout agent qui veut s'en donner la peine peut apprendre à manipuler le Morse après quinze ou vingt leçons de deux heures chacune.

Dans les gares les agents s'instruisent mutuellement; dans certaines Compagnies, à l'Est notamment, des Moniteurs du Télégraphe sont chargés de cet enseignement. Grâce à ces mesures les agents employés au télégraphe assurent dans d'excellentes conditions la transmission et la réception des dépêches de service et même des télégrammes privés, car un très grand nombre de gares sont devenues de véritables bureaux télégraphiques.

L'avantage que les Compagnies françaises reconnaissent au télégraphe Morse, et qui a justifié son adoption « la trace écrite des dépêches transmises » n'est pas regardé comme primordial dans les autres pays où on se sert depuis fort longtemps du télégraphe Morse, mais où les réceptions se font au son.

En Amérique le télégraphe sert non seulement à aviser les gares de tous les faits qui intéressent la marche des trains, mais

à régler le mouvement de ces trains. A cet effet, un agent spécial appelé « dispatcher », et qui a son bureau dans une des gares de la section qui lui est confiée, est exclusivement chargé du soin de régler télégraphiquement la marche de tous les trains qui circulent dans sa section et leur transmet ses ordres par les gares de passage. Il lance donc les trains, les arrête, les fait croiser, les fait garer, etc., comme il lui convient. On conçoit que ce système nécessite l'échange d'un nombre très considérable de télégrammes, ce qui implique par conséquent l'emploi d'un système de fils et d'un système de transmission et de réception tout à fait spécial. En effet, les différentes gares d'une section sont toutes réunies au fil affecté au service du mouvement des trains. Tous les postes reçoivent en même temps les dépêches lancées sur ce fil, mais chaque gare ne s'occupe que de celles de ces dépêches qui la concernent, ce dont elle est avertie par un indicatif spécial. Cette méthode d'exploitation peut avoir ses avantages, mais elle ne saurait être admise en Europe.

Bien que le télégraphe ait chez nous un rôle moins important qu'en Amérique, il n'en est pas moins indispensable et l'on ne saurait concevoir aujourd'hui une exploitation sans télégraphe. On en a la preuve lorsque, dans des cas tout à fait exceptionnels, les communications télégraphiques viennent à être interrompues sur une partie de la ligne; dans ces circonstances, les agents se trouvent très embarrassés.

Postes télégraphiques. — Le service télégraphique des chemins de fer, qui n'est pas un des moins importants de l'exploitation, a apporté depuis quelques années des modifications très utiles, non seulement dans le matériel, mais dans la disposition des postes télégraphiques.

Les appareils Morse, récepteur et manipulateur, sont ordinairement placés sur des tables portant les organes accessoires du poste : paratonnerre, boussole, commutateur de ligne et de pile et sonneries d'appel. Ces appareils sont de différents types; nous n'entrerons pas dans la description de chacun d'eux ce qui nous entraînerait trop loin.

D'ordinaire un seul appareil Morse suffit pour desservir jusqu'à six directions; au delà, on munit le poste d'un deuxième appareil, ce qui permet à deux agents de travailler simultanément.

Nous allons donner rapidement la description sommaire de quelques types de postes plus particulièrement intéressants.

La *Compagnie du Midi* a étudié et mis en service un poste monté pour desservir douze directions avec quatre appareils placés sur une table qui occupe le milieu du bureau télégraphique. L'arrivée des fils de ligne se fait par le plancher, et des commutateurs permettent de donner communication à deux postes par l'intermédiaire d'un relais avec ou sans pile, suivant la distance des postes en correspondance.

La *Compagnie du Chemin de fer du Nord* a construit, pour sa gare de Paris, un poste télégraphique à vingt directions. La table, qui mesure 5 *m* de long, est pourvue de quatre appareils Morse et d'un appareil à cadran, système Bréguet. Chacun de ces appareils peut être utilisé dans toutes les directions au moyen d'un commutateur suisse placé sur un pupitre au centre de la table. Ce commutateur est divisé en trois séries de bandes de communications; au centre se trouvent les vingt lames correspondant aux vingt lignes et aux vingt sonneries; à l'extrémité de droite sont disposées douze lames qui permettent de céder la communication directe dans six directions à la fois; les fils, aboutissant à ces bandes, traversent six parleurs. A l'extrémité de gauche sont réservées cinq bandes, qui servent exclusivement à amener sur l'un des cinq appareils récepteurs l'une ou l'autre des vingt lignes reliées à la table.

Au-dessous des vingt paratonnerres et des vingt boussoles traversés par les lignes sont, en commençant par la gauche, une sonnerie d'urgence spéciale, quatre relais de sonnerie à cinq directions, les six parleurs, la sonnerie trembleuse locale des relais, et enfin, tout à côté de celle-ci, un commutateur qui permet de supprimer la trembleuse pendant le jour.

Devant chaque appareil Morse est disposé un commutateur inverseur, du système Tesse et Lartigue, deux commutateurs de piles, dont l'un donne la pile faible et la pile forte, et l'autre sert à prendre l'un des groupes des quatre piles dans le cas où l'une d'elles viendrait à manquer subitement.

La *Compagnie des Chemins de fer de l'Est* a étudié et mis en service, dans ses gares de grande importance, un nouveau système de grand poste télégraphique à douze et seize directions, disposé de telle sorte que l'on puisse :

1° Mettre instantanément en relation l'une quelconque des lignes aboutissant dans le poste avec l'un quelconque des appareils de transmission;

2° Faire usage d'un appareil de transmission d'un modèle q conque, sans avoir rien à changer à l'installation générale;

3° Enlever un appareil de transmission et le remplacer s entraver le service des autres appareils;

4° Augmenter dans une large mesure le nombre des appar de transmission sans géner le service.

Ce nouveau poste comporte :

1° Une partie fixe (paratonnerres, sonneries et accessoire laquelle on n'a jamais besoin de toucher;

2° Une partie mobile ou modifiable (récepteurs, manipulate piles, etc.).

La partie fixe se compose de trois panneaux-appliques in pendants sur lesquels sont fixés les paratonnerres, les relais sonnerie, un commutateur de mise à la terre, une sonnerie, d parleurs et un commutateur de lignes.

La partie mobile ou modifiable comprend autant de tables dépendantes qu'il y a d'appareils de réception dans le poste t graphique.

Postes portatifs. — Autrefois les trains emportaient un p télégraphique renfermé dans une boîte de petite dimension tiné à se mettre en relation avec les postes télégraphiques voi dans le cas d'accident ou de détresse. Les Compagnies franç ont abandonné ce système, hormis la *Compagnie du Midi* q posé le long de ses lignes un fil spécialement destiné à l'u des postes portatifs de secours.

La *Compagnie du Nord* emploie des postes télégraphiques postes de secours, installés dans un certain nombre de mai de garde-ligne; ils sont destinés à demander des machine des secours.

Ces appareils de secours se composent d'une boîte renfer un récepteur et un manipulateur Bréguet. Les piles de ces po sont montées en négatif, de manière que des appels venan ces postes provoquent le déclenchement d'une sonnerie spé dite d'urgence, qui ne fonctionne que sous l'action d'un cou négatif.

Mais, dans bien des cas, il est utile d'avoir à sa disposi un poste réellement portatif.

La *Compagnie de l'Est* a étudié un poste de ce genre à d directions, qui permet d'organiser très rapidement un ser

temporaire dans une station non pourvue de télégraphe, dans une grande gare pour établir momentanément des relations entre deux points éloignés, etc.

Le poste portatif comprend une caisse pesant 21 *kg* et renfermant les appareils nécessaires à la correspondance avec d'autres postes. Ces appareils sont montés dans la caisse, de telle sorte qu'ils peuvent fonctionner sans être déballés.

Une seconde caisse du poids de 27 *kg* renferme vingt-quatre éléments spéciaux, genre Leclanché, mais sans peroxyde de manganèse. En outre des éléments, cette caisse contient des objets et accessoires de rechange.

Appareils accessoires des postes télégraphiques. — Certains postes de la Compagnie de l'Est sont munis d'appels de nuit : les uns (postes appelants), possèdent un inverseur d'attaque, les autres (postes appelés), un commutateur de jour et de nuit, destiné à isoler le poste et à intercaler dans le circuit un rappel par inversion de courant.

A la cessation du service, les postes appelés qui n'ont pas de service permanent se mettent donc de cette manière sur communication directe avec intercalation d'un rappel par inversion. Les deux postes extrêmes peuvent communiquer entre eux en se servant des appareils ordinaires. Si l'on veut faire rentrer le poste intermédiaire dans le circuit, il n'y a qu'à manœuvrer l'inverseur d'attaque et la palette du rappel se trouve actionnée; une sonnerie à double contact, placée dans la chambre à coucher du chef de station, l'avertit qu'il doit faire rentrer son poste dans le circuit.

Rappel général Claude. — Ce système permet d'intercaler toute une série de postes dans le circuit d'un même fil en donnant la latitude à chaque poste d'appeler un autre poste quelconque et de lui passer une dépêche directement.

L'installation, identique dans tous les postes, se compose d'une table sur laquelle sont adaptés un relais double, un rappel à deux cadrans, le récepteur et la sonnerie, un commutateur et manipulateur à double contact.

Chaque poste est désigné par un numéro spécial et il suffit qu'un des postes, après avoir amené l'aiguille du cadran « poste appelé » sur le numéro du poste qu'il veut attaquer amène l'aiguille de l'autre cadran « poste appelant » sur son propre numéro

pour que la communication directe entre les deux postes soit établie.

Un numéro commun (le dernier du cadran) sert à établir la communication générale ou collective.

Le rappel, le récepteur et la sonnerie fonctionnent au moyen d'une pile locale ; seuls les relais sont actionnés par le fil de ligne. Ceux-ci sont tous embrochés dans le circuit et la terre n'est prise qu'aux deux extrémités de la ligne ; c'est la seule pile du poste expéditeur qui les actionne tous en même temps.

Le relais double est composé de deux bobines placées chacune dans le champ magnétique d'un aimant permanent et disposées de manière à osciller, l'une sous l'influence d'un courant de sens déterminé, et l'autre sous l'influence d'un courant de sens contraire, de sorte que, tout en étant traversées simultanément par un courant de sens quelconque il n'y en ait qu'une qui oscille sur les deux.

Le rappel est une combinaison de deux appareils à cadran.

Un mouvement d'horlogerie actionne les deux cylindres quand on les fait déclencher par leur électro respectif. La rotation successive des deux cylindres ouvre ou ferme des circuits suivant la position des cames qui soulèvent ou laissent retomber les ressorts qui touchent les contacts supérieurs ou inférieurs.

Le rappel remplit les fonctions d'un commutateur automatique. Il indique à tous les postes quels sont ceux en communication et opère en même temps la fermeture du circuit de la pile locale à travers le récepteur ou la sonnerie dans les postes intéressés.

Quand les aiguilles du rappel sont à la croix, ce qui indique que la ligne est libre, des émissions d'un sens déterminé actionnent tous les relais comme il est dit plus haut, ferment la pile locale de chaque poste et font avancer les aiguilles des cadrans, (poste appelé) d'une division à chaque contact. Des émissions d'un sens contraire, faites au moyen d'un bouton spécial annexé au manipulateur font avancer de même les aiguilles des cadrans, (poste appelant).

Rappel Bréguet-Rodary. — Cet appareil a le même but que le rappel Claude ; mais étant monté sur un tableau mobile, il peut, comme une console ordinaire, s'adapter à une table quelconque existante. Le cadran indicatif ne comportant pas de système d'horlogerie, on n'a pas besoin de le remonter chaque jour.

Il permet à un poste télégraphique de voir si la ligne sur laquelle

il est installé est disponible, et, dans ce cas, de se mettre lui-même directement en relation avec un autre poste ou avec tous les autres postes simultanément.

Rappel parleur Marchand. — Ce système consiste à munir toute une série de postes de parleurs embrochés sur un même fil et à ne mettre de piles de ligne qu'aux deux postes extrêmes, chacune des piles ayant son pôle positif relié au fil de ligne et le pôle négatif à la terre.

Le poste appelant en manipulant met la ligne à la terre et par suite ferme le circuit de chacune des piles de sorte que tous les parleurs de chaque poste sont actionnés. Le circuit de la pile locale est fermé par le parleur. Lorsqu'une gare est appelée par son indicatif, elle déclenche, avec le levier de mise en marche, son récepteur Morse, et, par un commutateur spécial placé sous ce dernier appareil, établit la communication de ligne avec le récepteur. Le parleur est réglable.

Importance du service télégraphique. — Nous terminerons par quelques chiffres qui feront nettement ressortir l'importance prise par le télégraphe dans l'exploitation des chemins de fer.

La longueur totale du réseau télégraphique des sept grandes Compagnies de chemins de fer est actuellement de 77 700 *km*.

Le nombre des postes télégraphiques existant sur les 35 145 *km* représentant la longueur actuelle des sept grands réseaux est de 5 963 *km* dont 3 688 *km*, soit 60 0/0 environ, sont ouverts à la télégraphie privée.

Tous ces postes fonctionnent jusqu'alors au moyen de courants de piles de divers systèmes, mais surtout au moyen des piles Leclanché. On peut évaluer à environ 180 000 le nombre d'éléments employés à ce seul service ; ce nombre correspond à 30 éléments par poste en moyenne, ce qui n'a rien d'exagéré.

Téléphone

Dans la communication qu'il a présentée en mars 1893 à la Société des Ingénieurs Civils, M. Dumont a traité d'une façon très complète la question de l'usage du téléphone dans les Compagnies de chemins de fer. Nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été dit sinon que l'emploi du téléphone tend à se généraliser. Le nombre des postes en service sur les sept grands réseaux, qui en 1893 était de 1 210 a atteint aujourd'hui le chiffre de 2 297.

Appareils de correspondance divers

Les Compagnies de chemins de fer font usage d'appareils électriques de correspondance pour transmettre des ordres déterminés dont le nombre est limité. Sur une section de block, par exemple, l'agent qui a à expédier un train d'une aiguille éloignée d'un poste sémaphorique aura à s'enquérir au préalable si la section dans laquelle il veut engager le train est libre. De plus, il devra au moment du départ du train demander au sémaphoriste le blockage de la section.

Dans un autre ordre d'idées, il est parfois nécessaire de faire connaître à l'aiguilleur d'un poste de bifurcation la direction que doit prendre un train venant du tronc commun; la nature du train (voyageurs ou marchandises) peut également intéresser le poste de la bifurcation qui, si deux trains se présentent en même temps, donnera la préférence à celui dont l'allure est la plus rapide.

Enfin, dans l'intérieur d'une gare, on peut avoir à échanger des ordres de natures diverses.

Pour répondre à ces besoins, les Compagnies de chemins de fer font usage d'appareils divers que nous allons examiner successivement.

Appareil Jousselin. — Les Compagnies de P.-L.-M. et de l'Est emploient la sonnerie à cadran de notre regretté Président Paul Jousselin.

Cet appareil se compose essentiellement d'un mécanisme dont le déclenchement est obtenu par un double échappement monté sur l'armature mobile d'un électro-aimant.

Vingt macarons répartis sur une couronne en fonte peuvent recevoir les inscriptions des ordres à transmettre.

A chaque émission de courant une aiguille indicatrice avance d'une division; en même temps, un coup de timbre éveille l'attention de l'agent auquel le signal s'adresse. Il faut donc produire avec le bouton poussoir placé sur le côté du transmetteur autant de contacts qu'il est nécessaire pour amener l'aiguille indicatrice en regard de l'ordre à transmettre. Les appareils, récepteur et transmetteur, sont identiques et leurs aiguilles se meuvent en même temps et donnent par suite, dans les deux postes en correspondance, des indications identiques.

La remise à la croix se fait à la main et le collationnement du signal passé peut être facilement obtenu en utilisant une seconde aiguille peinte en rouge servant d'index.

Le nombre d'appareils Jousselin en service dans les Compagnies de chemins de fer est actuellement de 2 942.

Appareil à cadran système Guggemos. — Cet appareil employé par la Compagnie du Nord toutes les fois que la distance des postes à mettre en correspondance excède 400 mètres, sert à la fois de manipulateur et de récepteur; le cadran principal que l'on suspend au mur, est divisé en treize secteurs autour desquels sont disposés des boutons et des cases circulaires formant deux couronnes concentriques au cadran principal. Au centre, se trouve montée une aiguille mobile. Les indications inscrites dans les cases circulaires sont celles que l'on reçoit, et les indications inscrites dans les secteurs sont celles que l'on transmet.

L'appareil comprend un clavier, un électro-aimant, un mouvement d'horlogerie, un échappement, un interrupteur et un paratonnerre.

La pile est reliée à la masse de l'appareil et quand l'interrupteur n'interrompt pas la communication, le courant passe de là sur la couronne du clavier qui est isolée électriquement des autres pièces, à moins que l'un des leviers du clavier ne soit relevé et ne touche la couronne.

Dans ce cas, c'est-à-dire lorsqu'on appuie sur l'un des boutons de l'appareil, le courant cesse d'être interrompu et se dirige, en se bifurquant, en partie dans les bobines de l'appareil transmetteur et de là à la terre, et en partie sur la ligne, c'est-à-dire dans l'appareil du correspondant.

Les aiguilles des deux postes se mettent alors en marche simultanément et il suffit de cesser d'appuyer quand l'aiguille du poste où l'on manipule est arrivée vis-à-vis du bouton sur lequel on appuie; l'interrupteur cessant lui-même d'agir dès que le levier cesse de buter contre la couronne, le courant est interrompu et les deux aiguilles s'arrêtent. Le poste qui a reçu donne accusé de réception en reproduisant le signal envoyé.

Appareil de correspondance de la Compagnie d'Orléans. — Le récepteur et le transmetteur sont identiques. Cet appareil se compose d'un récepteur à cadran Bréguet dont l'aiguille en caoutchouc est montée sur un plateau qui joue le rôle d'inter-

rupteur. De telle sorte que si l'on fixe un balai sur la plaque métallique qui porte les divisions et que l'on vienne placer dans un des trous une cheville reliée au pôle positif d'une pile, l'armature sera attirée et l'aiguille avancera d'une demi-division; mais le balai rencontrant un espace vide du plateau, il y aura interruption du courant et par conséquent l'armature reviendra dans sa position primitive en faisant avancer d'une demi-division l'aiguille et le plateau qui fermera de nouveau le circuit de la pile et ainsi de suite. Le mouvement ne pourra s'arrêter que lorsque l'aiguille en ébonite viendra rencontrer la cheville et, en retirant cette dernière, l'aiguille prendra sa position en face de la division. Les mêmes mouvements se reproduiront dans l'appareil du deuxième poste.

Le deuxième poste pour donner accusé de réception place sa cheville à la croix afin de ramener tout le système au point de départ; il envoie ensuite le signal qui lui a été fait par le premier poste, ce dernier place sa cheville à la croix pour effacer le signal envoyé. Les agents peuvent ainsi se rendre compte des signaux échangés.

Appareil de correspondance avec réduction du nombre de fils. — La Compagnie de l'Est a étudié et mis en service un système de correspondance dans lequel il suffit de $2n$ fils pour émettre n^2 signaux.

On pourra, par exemple, actionner trente-six voyants avec douze fils seulement.

Examinons ce cas particulier de trente-six signaux à envoyer.

On dispose six tableaux récepteurs ayant chacun six voyants; à chacun de ces tableaux est joint un commutateur ; ces appareils sont reliés aux transmetteurs par six fils communs et six autres fils affectés chacun à un commutateur, soit au total douze fils, la terre servant de fil de retour commun. Chaque tableau est en outre muni d'une sonnerie qui tinte dès qu'un voyant apparaît ou s'efface.

Les six transmetteurs comportent chacun douze boutons poussoirs. Il y a sur chaque transmetteur six boutons blancs et six boutons noirs; les uns comme les autres s'adressent aux six voyants du tableau récepteur correspondant, mais les boutons blancs sont destinés à faire apparaître les voyants et les noirs à les faire disparaître; les uns servent à lancer dans la ligne un courant positif, les autres un courant négatif.

Le commutateur se compose essentiellement d'un électro-aimant dont l'armature supporte sept équerres en cuivre. Lorsqu'un courant circule dans cet électro, l'armature se déplace et les sept équerres viennent appuyer sept lames de ressort sur sept bornes à contact. Six de ces bornes sont en communication avec les voyants d'un tableau-récepteur lorsque les lames appuient sur les bornes, les électros des voyants se trouvent ainsi mis en relation avec les fils de ligne. La septième lame de ressort et la septième borne de contact sont destinées à fermer le circuit d'une pile locale sur la sonnerie trembleuse dont il a été parlé plus haut.

Il y a donc six fils communs à tous les commutateurs, ces fils sont dits « ligne des voyants »; le premier s'adresse par l'intermédiaire des commutateurs au premier voyant de tous les récepteurs, le deuxième fil au deuxième voyant et ainsi de suite; les six autres fils s'adressent chacun à un commutateur différent.

Appareil de correspondance à guichets. — Lorsqu'il s'agit, de mettre en relation des points assez rapprochés les uns des autres, par exemple dont l'éloignement n'excède pas 300 *m* à 400 *m*, on peut employer, comme le fait la Compagnie du Nord, un appareil de correspondance à guichets comportant autant de boutons qu'il y a d'ordres à transmettre.

En appuyant sur un bouton, l'agent expéditeur fait tinter une sonnerie et envoie en même temps dans les bobines du voyant correspondant à ce bouton et dans les bobines du voyant symétrique de l'autre poste un courant qui actionne les deux voyants et les fait apparaître; l'agent du poste appelé accuse alors réception en pressant à son tour sur le bouton situé au dessous du guichet correspondant : il efface du même coup les deux voyants et fait tinter la sonnerie du poste transmetteur.

L'appareil à guichet réalise enfin la disposition suivante : lorsqu'il est nécessaire d'indiquer l'occupation momentanée d'une voie fréquentée, l'aiguilleur fait apparaître un voyant sur lequel est inscrite cette phrase : « voie n° occupée »; ce signal ne peut être effacé que par l'agent qui l'a fait paraître.

Appareil galvanométrique. — Enfin, l'Administration des Chemins de fer de l'État, pour les communications entre les gares et les passages à niveau, se sert d'un appareil galvanométrique comportant une aiguille qui s'incline à droite au passage d'un courant positif, et à gauche au passage d'un courant négatif et qui

indique alors l'une ou l'autre des phrases suivantes : « Puis-je ouvrir? », « Fermez », « Ouvrez », « Je ferme ».

Le sens du courant est déterminé par un commutateur-inverseur servant à transmettre ces signaux.

Le nombre d'appareils de correspondance divers en service sur les sept grands réseaux est d'environ de 1 500.

Intercommunication électrique des trains

L'intercommunication électrique des trains a pour but de permettre aux agents de service dans ces trains de communiquer entre eux au moyen de signaux acoustiques, et aux voyageurs de tous les compartiments d'avertir ces mêmes agents en cas de danger.

La Compagnie du Nord fait usage, depuis fort longtemps déjà, du système Prudhomme, qui consiste essentiellement en deux fils conducteurs isolés qui parcourent le train d'une extrémité à l'autre. Dans le fourgon de tête comme dans celui de queue ces deux conducteurs sont réunis par un circuit comprenant une pile de six éléments et une sonnerie trembleuse d'un type spécial. Les deux piles sont montées en opposition, de sorte que, dans l'état normal des choses, les sonneries sollicitées par des courants égaux et de sens contraire restent silencieuses, mais si l'on vient à réunir les deux conducteurs en des points intermédiaires, l'équilibre se trouve rompu et les sonneries tintent d'une façon continue.

Des commutateurs d'appel sont disposés dans les fourgons de tête et de queue pour permettre aux agents d'échanger des signaux conventionnels dont la désignation est déterminée par avance.

Des voyants placés sur le côté des voitures permettant aux agents de se rendre compte immédiatement de quel compartiment le signal d'alarme a été actionné.

En cas de rupture d'attelage les sonneries fonctionnent automatiquement.

Les Compagnies de P.-L.-M. et du Midi emploient également le système d'intercommunication Prudhomme avec quelques modifications de détail.

A la Compagnie de l'Est, on a résolu le même problème en supprimant l'automaticité que l'on a jugée inutile par suite de la présence de freins continus automatiques.

II. — BLOCK-SYSTEM

Les trains qui parcourent une voie dans le même sens doivent conserver entre eux un intervalle suffisant pour éviter toute collision en cas d'arrêt intempestif ou même de ralentissement de l'un d'eux. Les règlements prescrivent donc des intervalles de temps entre la succession des trains, et les agents de la voie ont pour mission de faire des signaux de ralentissement ou d'arrêt à tout train qui passe devant leur poste avant qu'il se soit écoulé depuis le passage du train précédent le nombre de minutes réglementaire.

Ce système applicable sur des lignes où la circulation est limitée, est évidemment insuffisant lorsque les trains se succèdent à intervalles rapprochés.

On a donc cherché à résoudre le problème, et on y est arrivé par l'adoption du block-system qui consiste à diviser la voie en sections et à ne laisser pénétrer un train dans une de ces sections que lorsque le train qui précède l'a quittée. En un mot, on maintient entre deux trains successifs non plus un intervalle de temps, mais un intervalle d'espace.

Le principe du block-system est connu depuis longtemps, et c'est l'ingénieur anglais Cook qui l'a appliqué pour la première fois en 1844 sur la ligne à voie unique de Norwick à Yarmouth.

En 1852, l'ingénieur Tyer combina un appareil de correspondance spécial placé à chaque poste d'une section de block et qui, par deux aiguilles indicatrices, donnait les signaux « voie occupée » et « voie libre ».

Le système était automatique : c'était le train lui-même qui s'annonçait au poste d'avant en passant à l'entrée de la section sur une pédale et qui libérait la section derrière lui, en actionnant une deuxième pédale placée à la sortie de cette même section.

En 1854, on reconnut les inconvénients de l'automaticité et on remplaça les pédales par des boutons poussoirs actionnés par les agents des postes.

On disposait donc d'un moyen de correspondance pratique et rapide et c'est d'après les indications fournies par les appareils électriques que les agents de la voie manœuvraient les signaux s'adressant aux mécaniciens.

Mais une mauvaise interprétation de l'appareil Tyer pouvait entraîner des conséquences graves.

En 1862, M. Preece remédia à cette situation en inventant un système qui consistait à assimiler les indications produites électriquement sur les tableaux cadrans des appareils de correspondance aux grands signaux extérieurs visibles pour les mécaniciens et pour tous les agents de la ligne. Les chances d'erreurs étaient diminuées par la forme même de ces signaux connus de tous.

C'est seulement lorsque les enclenchements prirent un certain développement dans les chemins de fer que l'on eut l'idée de rendre solidaires les signaux optiques s'adressant aux mécaniciens et les signaux électriques qui mettaient en relation les gardes échelonnés sur la voie. Dès que cette nécessité des enclenchements fut bien établie, on vit apparaître successivement un certain nombre d'appareils dont les plus en usage aujourd'hui en France sont : l'électro-sémaphore Lartigue et Tesse, les appareils Tyer, les appareils Regnault, les appareils de block P.-L.-M., les appareils Flamache.

Enfin on a imaginé des systèmes automatiques dans lesquels on fait intervenir le train lui-même dans la manœuvre des signaux.

Nous allons examiner rapidement les divers appareils en usage pour réaliser le block-system en laissant toutefois de côté ceux qui sont relatifs au principe de block à voie fermée qui est appliqué surtout en Angleterre.

Électro-sémaphores Lartigue. — Les électro-sémaphores Lartigue dont l'invention remonte à 1872, sont caractérisés par ce fait que les appareils inducteurs transmettent effectivement et directement par l'électricité les signaux à vue entre deux postes à toute distance.

Ces appareils qui ont été adoptés par les Compagnies du Nord, de l'Est, d'Orléans et par quelques lignes étrangères, fonctionnent de la façon suivante :

A l'origine de chaque section est un poste muni d'un sémaphore pour les signaux à vue et, au pied du mât, d'un mécanisme qui permet à l'agent du poste de manœuvrer les bras du sémaphore.

Chaque sémaphore pour ligne à double voie porte, pour chaque direction, à la partie supérieure, une grande aile ou bras, et, à mi-mât, une petite aile ou aileron qui est le signal d'annonce des trains engagés sur la section en arrière et se dirigeant vers le poste.

Un poste complet de double voie comprend donc deux grandes ailes, deux ailerons et quatre appareils de manœuvre, soit un appareil pour chaque aile ou bras.

Les grandes ailes qui pendent le long du mât lorsqu'elles sont abandonnées à l'action de leur poids, peuvent être relevées horizontalement sous l'action mécanique d'une tringle de tirage, tandis que les ailerons qui sont horizontaux quand ils sont abandonnés à eux-mêmes, peuvent être amenés dans la position verticale par les tringles de traction qui les manœuvrent.

Ces tringles de manœuvre, tant des ailes que des ailerons, sont reliées chacune à un manipulateur à la fois électrique et mécanique. En faisant faire à la manivelle de ce manipulateur un peu plus d'une demi-révolution, on amène l'aile correspondante à sa position d'enclenchement et l'appareil une fois enclenché ne peut être déclenché que par l'envoi d'un courant du poste correspondant d'amont.

Le mécanisme est, en effet, commandé par un électro-aimant Hughes contre lequel reste collé un levier à palette tant qu'un courant de sens convenable ne vient pas l'affaiblir, auquel cas le mécanisme est déclenché et la manivelle du manipulateur pouvant alors continuer sa révolution, l'aile libérée reprend sa position primitive.

Le rôle de l'électricité est, comme on le voit, d'affaiblir l'action de l'aimant et de déclencher à distance; à cet effet, le manipulateur de la grande aile d'un poste est relié par un fil télégraphique au manipulateur de l'aileron du poste correspondant en amont. Le courant est envoyé d'un appareil à l'autre par la manœuvre mécanique elle-même au moyen d'un commutateur-inverseur placé sur l'axe de la manivelle du manipulateur qui, en tournant, envoie successivement soit le courant positif, soit le courant négatif de la pile du poste.

Le premier courant est émis pendant la première révolution, lorsque le garde met la grande aile du sémaphore à l'arrêt; le second, pendant la deuxième demi-révolution.

Chaque fois qu'un poste a fait une manœuvre, il est averti par un coup de timbre et par l'apparition d'un voyant que le signal a bien été fait au poste correspondant.

Les pièces donnant l'accusé de réception sont actionnées au moyen d'un électro-aimant Hughes spécial monté inversement au premier, de telle sorte que le courant qui affaiblit l'un, renforce l'autre, et réciproquement.

Ceci posé, voici le mode d'emploi des appareils :

Au moment du départ d'un train, l'agent du premier poste A met à l'arrêt la grande aile de son mât et envoie ainsi un courant électrique qui fait apparaître l'aileron au poste suivant B. Le train a été couvert en A et annoncé en B. Au passage du train devant le poste B, le garde couvre le train et l'annonce au poste suivant C, en opérant comme l'agent du poste A, mais il efface, de plus, son aileron ce qui a pour conséquence l'envoi d'un courant au poste précédent A dont la grande aile retombe verticalement et ainsi de suite pour les postes successifs.

Les manœuvres à effectuer par un statiennaire sont donc très simples mais elles doivent être faites dans un ordre bien déterminé pour qu'un train ne risque pas d'être sans protection ne fût-ce qu'un instant.

Plusieurs dispositions mécaniques ou électriques dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, ont été imaginées pour obliger le stationnaire à suivre cet ordre logique. Nous signalerons en particulier les appareils mécaniques de M. Mors et les appareils électriques de M. Eug. Sartiaux de la Compagnie du Nord.

Les Compagnies du Nord, de l'Est et d'Orléans qui ont adopté les appareils de Lartigue, avec ou sans modifications, possèdent actuellement 2 635 *km* de voies pourvues de postes sémaphoriques comprenant 1 129 postes ce qui donne une distance moyenne de 2 334 *m* pour la longueur de chaque section bloquée.

Appareils Regnault. — La Compagnie de l'Ouest employait depuis longtemps, pour réaliser l'exploitation de ses lignes à double voie par le block-system des appareils de correspondance dits *indicateurs Regnault*, ayant une certaine analogie avec les appareils Tyer, mais dont les indications ne s'adressent qu'aux stationnaires. Sous ce rapport, le système Regnault était inférieur au système Lartigue; mais M. Regnault a apporté à ses appareils des modifications importantes qui permettent de réaliser la solidarité des signaux qui s'adressent aux stationnaires et de ceux qui s'adressent aux agents des trains.

Ces modifications apportées en 1886 ont été faites dans le but d'éviter :

1° Qu'un poste ne puisse annoncer au poste voisin l'approche d'un train se dirigeant vers lui, sans avoir, au préalable, protégé ce train en fermant d'abord son signal de cantonnement à l'arrêt absolu ;

2° Qu'il ne puisse effacer ces signaux tant que le canton engagé n'a pas été débloqué électriquement par le poste d'arrivée;

3° Que ce dernier ne puisse rendre voie libre au poste précédent avant d'avoir lui-même fermé ses signaux optiques.

Ces trois desiderata sont satisfaits respectivement par les *enclenchements*, la *serrure électrique* et le *verrou d'arrêt*, le *relais électrique*.

Les deux leviers servant à la manœuvre du signal de cantonnement et du signal avancé du poste, dans une direction, sont enclenchés par les moyens ordinaires, de plus, le levier du signal de cantonnement commande une main qui, tant que le signal n'est pas fermé, vient embrasser la tige du bouton de départ en avant de l'indicateur et empêche qu'aucun mouvement lui soit imprimé.

Une fois les signaux à l'arrêt, c'est la *serrure électrique* qui empêche de rendre voie libre tant que l'aiguille de répétition de l'indicateur correspondant n'a pas été redressée par le poste de sortie.

En cas de dérangement de la serrure on peut à l'aide d'une clef spéciale engagée dans le *verrou d'arrêt*, ouvrir la serrure et permettre ainsi la manœuvre du levier du signal sans que ce dernier puisse être mis à voie libre. Le verrou d'arrêt, par le retrait même de la clef empêche le levier de dépasser la position verticale a laquelle correspond le signal « *attention* ». Inversement, la clef ne peut être dégagée de la serrure tant qu'un courant électrique n'actionne pas cette dernière et dès lors le stationnaire ne pourra pas agir sur le verrou d'arrêt pour mettre le signal à voie libre, avant que le poste de sortie ne lui en ait donné la possibilité.

Enfin, pour qu'un stationnaire ne puisse pas prévenir celui du poste précédent de la sortie du train dont il lui avait signalé l'approche, sans avoir couvert celui-ci de ses signaux optiques, on a introduit dans le système le *relais électrique*.

Tous les signaux avancés sont installés de telle sorte qu'une came calée sur l'arbre du disque et tournant avec lui, mette en contact les deux lames d'un commutateur quand le signal est à l'arrêt.

Ce rapprochement des deux lames du commutateur ferme le circuit d'une pile sur le relais électrique. Pour atteindre le but que l'on se propose, il suffit d'établir dans le circuit de la pile servant à transmettre l'avis de sortie des trains une solution de continuité que le signal avancé pourra seul détruire automatiquement en se fermant.

La Compagnie de l'Ouest possède actuellement en service 142 postes de block répartis sur 310 *km* de voies, ce qui donne une longueur moyenne de 2 180 *m* pour chaque section bloquée.

Appareils Flamache. — Les appareils Flamache, plus particulièrement adoptés en Belgique ont été appliqués sur le réseau de l'État français, où ils donnent de très bons résultats.

Appareils Tyer. — La Compagnie P.-L.-M. a réalisé et appliqué un block-system à l'aide d'appareils Tyer avec sonneries Jousselin.

Les appareils Tyer donnent des indications indépendantes de la positions des disques et des bras sémaphoriques.

Cette indépendance des indications du block-system Tyer avec les signaux optiques des postes, ne présente pas, dans la pratique, d'inconvénients sérieux, surtout avec l'emploi des disques munis de l'automoteur Aubine. Toutefois, il peut permettre à des agents inattentifs de placer par inadvertance les signaux optiques dans des positions en désaccord avec les indications de l'appareil du block-system.

Block-system P.-L.-M. — Pour remédier aux inconvénients qui viennent d'être signalés, il a été établi une solidarité entre les signaux électriques et les signaux visuels au moyen d'enclenchements électriques et mécaniques.

Le programme réalisé par l'appareil de block-system P.-L.-M. est le suivant :

Étant donné trois postes consécutifs A, B, C :

1° Le poste B en manœuvrant son bras sémaphorique pour couvrir un train venant de dépasser B et allant sur C, enclenche mécaniquement ce bras à l'arrêt, sans possibilité pour lui de l'effacer jusqu'à ce que le poste C lui ait rendu voie libre dans les conditions indiquées ci-après au paragraphe 3.

2° En couvrant le train avec le bras sémaphorique précité, B l'annonce automatiquement au poste C;

3° Le poste B ne peut rendre voie libre à A qu'après avoir couvert le train avec le disque avancé et avec le bras sémaphorique;

4° B ne peut rendre voie libre deux fois de suite à A, il n'aura la faculté de passer de nouveau ce signal qu'après avoir effacé de nouveau puis mis à l'arrêt le disque et le bras sémaphorique précités.

Les conditions de ce programme sont réalisées dans l'appareil de block-system P.-L.-M. de la façon suivante :

1° Enclenchement automatique du sémaphore. — Le levier de manœuvre du sémaphore est relié par un double renvoi d'équerre et par des tiges à une règle horizontale qui pénètre dans l'appareil.

La règle horizontale porte deux encoches et est immobilisée par un verrou qui repose dans une des encoches tant qu'il n'a pas été relevé par un levier sollicité par un ressort.

Ce levier en fer doux prolonge la masse d'un fort aimant et adhère par simple attraction magnétique à l'âme de deux bobines qui le repousseront dès qu'elles seront parcourues par un courant électrique créant, à l'extrémité de chacune des bobines, des pôles de même nom que ceux de la palette, et, par suite, exerçant sur celle-ci une action répulsive.

C'est donc par l'effet de ce courant envoyé du poste suivant qu'est relevé le verrou et qu'est libérée la règle horizontale, et avec elle le levier du sémaphore pour la mise à voie libre. Mais, dans cette manœuvre, un taquet soulève par son plan incliné une came qui, pressant sur la palette, la recolle contre l'âme de la bobine; de cette façon, lorsque le sémaphore sera mis à l'arrêt, le verrou sera prêt à retomber librement dans l'encoche pour l'immobiliser.

Un voyant indique que la voie est libre dès que le verrou et le contrepoids ont été relevés par l'intervention du poste suivant.

2° Annonce automatique du train expédié. — Le même taquet, dans le mouvement de retour de droite à gauche de la règle, pour la mise à l'arrêt du sémaphore, tire sur une équerre qui appuie sur un bouton-poussoir et produit une émission d'un courant positif actionnant la sonnerie du poste suivant.

3° Obligation de la mise à l'arrêt des signaux pour rendre la voie libre. — Un second bouton-poussoir, juxtaposé au précédent, permet d'envoyer le courant négatif qui relève le verrou de l'appareil du poste précédent.

Lorsque les signaux correspondants, disque et sémaphore, sont mis à l'arrêt, le courant qui actionne la sonnerie ou le répétiteur contrôlant le bon fonctionnement du disque, passe en dérivation dans un électro-aimant qui attire une palette laquelle abaisse le verrou. Le bouton peut alors être poussé pour rendre la voie libre.

4° Impossibilité de pousser deux fois de suite le bouton de remise à voie libre. — Un système de verrou empêche de pousser deux fois de suite le bouton de remise à voie libre. Cependant, s'il y a dérangement dans les appareils, on peut agir à la main sur la

palette, à travers une ouverture ménagée dans la porte de l'appareil. Mais en temps normal cette ouverture est masquée par une plaque à charnière mise sous scellé.

A l'appareil de block proprement dit sont adjointes des sonneries Jousselin à vingt divisions, au moyen desquelles les agents des postes peuvent échanger un certain nombre de dépêches intéressant la circulation des trains.

La Compagnie P.-L.-M. a appliqué le block-system sur 2127 *km* de voie ; le nombre des postes en service est de 579, ce qui donne une moyenne de 3,130 *km* pour la longueur d'une section.

Nombre d'appareils de block sur les chemins de fer français. — Si aux chiffres donnés plus haut pour le nombre des postes de block installés par les Compagnies du Nord, de l'Est, d'Orléans, de l'Ouest, du P.-L.-M., et pour la longueur des lignes où ces blocks fonctionnent, nous ajoutons les 27 postes de block que possèdent la Compagnie du Midi et les chemins de fer de l'État, répartis sur une longueur de 60 *km*, nous voyons : que sur les 35 145 *km* exploités par les sept grands réseaux, 5 192 *km* (soit près de 15 % de la longueur totale) sont actuellement munis de postes de block ; que ces postes sont au nombre total de 1 977, et que la longueur moyenne des sections est de 2,600 *km* en nombre rond.

Block-system automatique. — Tous les appareils de block actuellement en usage en France doivent être manœuvrés par des agents placés à poste fixe sur la voie. Malgré les nombreuses précautions prises pour éviter toutes chances d'erreur dans les opérations très simples confiées à ces agents, certains inventeurs ont pensé que l'on pourrait obtenir de plus grandes garanties par l'emploi d'appareils purement automatiques, c'est-à-dire par des appareils dont la manœuvre serait faite par les trains eux-mêmes. Mais il faut alors avoir recours à des pédales ou contacts électriques placés sur la voie et mis en jeu par le passage du train. Or, jusqu'à présent, malgré les nombreux essais faits dans ce sens, et en dépit des ingénieuses combinaisons des inventeurs, on n'a pas d'appareils automatiques dont le fonctionnement soit suffisamment certain pour engager les Compagnies à adopter le système de block automatique, ce qui leur permettrait de supprimer un personnel nombreux et par suite coûteux.

III. — ENCLENCHEMENTS ÉLECTRIQUES

La question des enclenchements électriques a été développée avec suffisamment de détails par nos collègues MM. Loppé *(Bulletin* d'octobre 1892) et Hubou *(Bulletin* de juillet 1893), pour que nous ayons à y revenir.

IV. — AVERTISSEURS ET APPAREILS D'ANNONCE

Certains passages à niveau, généralement ouverts pour les voitures et les piétons, et qui doivent être fermés dix minutes avant l'heure réglementaire du passage des trains, sont placés dans des conditions telles qu'il est utile de prévenir de l'arrivée des trains les agents chargés de la manœuvre des barrières.

Appareils de correspondance. — Les appareils de passage à niveau dont il est fait usage sur le P.-L.-M. sont basés sur le principe des appareils Tyer. Ils fonctionnent par inversion de courant et donnent les indications voulues par le mouvement d'une aiguille qui est attirée d'un côté ou de l'autre, suivant le sens du courant qui a été envoyé dans la bobine sur l'axe de laquelle elle est montée.

Appareils de passages à niveau avertis automatiquement par les trains. — Les appareils avertisseurs automatiques système Chaperon, employés par le P.-L.-M., ont pour but d'avertir de l'arrivée des trains certains passages à niveau exceptionnellement fréquentés et placés dans des conditions de visibilité défavorables.

Ils se composent d'une pédale trembleuse renfermée dans une boîte métallique fermée; celle-ci est fixée sur une plaque de tôle en équerre assujettie au rail par les boulons d'éclisse en amont du passage à niveau (1 500 à 1 800 *m*). La trembleuse fonctionne lors du passage d'un train par suite de la trépidation communiquée au rail.

La partie mobile de cette trembleuse se composant d'un ressort terminé par une masse métallique, est normalement en contact avec un commutateur formé de deux lames métalliques reliées au fil de ligne.

L'appareil fonctionne à courant continu.

Un annonciateur, dont le volet est maintenu par une armature normalement attirée par un électro-aimant, tombe quand le courant cesse et fait fonctionner une sonnerie.

Trembleuse-avertisseur, système Couard et Paget. — M. Couard a été amené à utiliser la flexion des rails pour obtenir l'annonce automatique des trains.

L'appareil imaginé par M. M. Couard et Paget se compose d'un simple ressort métallique appuyé contre un contact métallique et traversé par un courant continu. Ce ressort est placé sur un socle en acajou recouvert d'une boîte en cuivre fermée hermétiquement. Cette boîte se place sous le patin du rail auquel elle est fixée par deux brides en fer. Les vibrations produites par le passage d'un train donnent des interruptions du courant continu qui sont utilisées avec les appareils placés aux passages à niveau.

Avertisseur à trompe. — Lorsque, dans une même gare, il est nécessaire d'installer plusieurs grosses sonneries correspondant à des directions différentes, on évite la confusion qui pourrait se produire dans l'annonce des trains des diverses directions par l'emploi d'un avertisseur dont le timbre est remplacé par une trompe à air.

Cet appareil se compose d'un mécanisme d'horlogerie, analogue à celui de la sonnerie d'annonce du deuxième type pour voie unique de la Compagnie du Nord, et d'un cylindre à air surmonté d'une trompe. Le piston du cylindre est mû par une crémaillère qui engrène avec une roue montée sur l'axe principal du mécanisme et dentée seulement sur trois arcs de circonférence.

Lorsque le mécanisme se met en marche, la roue qui engrène avec la crémaillère élève le piston dans le cylindre et chasse l'air qui fait entendre un son de trompe très puissant, en traversant la corne dont l'appareil est surmonté. Dès que le piston est au bout de sa course, la roue d'engrenage ayant tourné d'un angle correspondant au secteur denté, la crémaillère n'est plus en prise et le piston retombe par son propre poids; il est alors possible de faire fonctionner de nouveau l'appareil.

Le commutateur est un cylindre en ébonite avec un contact en cuivre. Trois frotteurs se réunissent deux à deux sur le contact en faisant tourner la manivelle. On met la ligne à la terre en temps ordinaire et en actionnant le commutateur on envoie le courant d'une pile sur la ligne.

Avertisseur à lanterne mobile. — D'un point d'une gare à l'autre, il est quelquefois nécessaire d'informer le personnel de la gare que les voies principales sont occupées et qu'il ne faut pas expédier de train dans la direction d'où vient l'avis. La Compagnie du Nord a étudié et mis en service une sorte de lanterne électrique tournante actionnée au moyen de deux commutateurs à manivelle en fonte, dont l'un envoie des courants positifs pour mettre l'appareil à voie occupée, l'autre des courants négatifs pour le ramener à la voie libre. Les deux commutateurs sont installés à la portée de l'agent qui doit transmettre le signal.

Contact fixe pour le déclenchement électro-automatique du frein continu à vide. — La Compagnie du chemin de fer du Nord possède sur certains points de son réseau des appareils destinés à avertir les mécaniciens d'un train en marche qu'ils ont franchi sans l'apercevoir un signal mis à l'arrêt. Depuis que cette Compagnie a employé le frein continu à vide, le sifflet électro-automoteur a été remplacé sur toutes les machines munies d'un éjecteur, par un appareil de déclenchement appliqué à la manœuvre du frein à vide.

Ce système comprend : 1° un contact fixe relié au pôle positif d'une pile spéciale dont la terre est prise par l'intermédiaire du commutateur qui fait fonctionner la sonnerie de contrôle du disque. Ce contact (désigné sous le nom de *crocodile*) est placé sur la voie en avant du signal dont il s'agit de doubler les indications ;

2° Un appareil de déclenchement du frein à vide se composant d'un électro-aimant Hughes maintenant en contact une armature en fer qu'un puissant ressort antagoniste tend constamment à séparer de ses pôles.

Les deux fils de l'électro-aimant sont reliés d'une part à la terre par l'intermédiaire des pièces métalliques de la machine, des roues et des rails, et d'autre part à une brosse métallique isolée placée sous la machine.

Si l'on vient à faire passer dans les bobines de l'électro-aimant un courant de sens convenable, l'aimantation de l'électro se trouve détruite en partie et l'armature, devenue libre, obéit au ressort et agit sur le frein continu.

L'appareil de déclenchement permet également de mettre le frein sous la main du conducteur chef de train. Dans ce but on a prolongé jusqu'à la machine la communication électrique Prudhomme existant sur le train et on a installé, dans chaque fourgon,

un commutateur spécial permettant d'envoyer, dans l'électro-aimant de l'appareil de déclenchement électrique, un courant de sens convenable pris sur la pile des sonneries de train.

Avertisseur de gare. — C'est un appareil qui fait annoncer par le train lui-même le moment précis où il passe devant le disque afin de prévenir la gare qui doit mettre aussitôt son disque à l'arrêt s'il n'y était déjà.

Le contact fixe ou *crocodile* a été fendu transversalement, de manière à constituer deux appareils; chaque fois qu'une machine munie d'une brosse passe sur ce contact et quelle que soit la position du disque, une grosse sonnerie à voyant se met à tinter dans la gare et ne cesse de fonctionner que lorsqu'on ramène à la main le voyant à sa position initiale. Un commutateur spécial placé sur le mât du disque permet d'envoyer un courant négatif à travers le crocodile lorsque le disque est ouvert. Ce courant négatif n'a pas d'action sur le frein de la machine, mais fait marcher l'avertisseur. Lorsque le disque est à l'arrêt c'est un courant positif qui passe par le crocodile et qui permet d'actionner le frein de la machine et la sonnerie de l'avertisseur.

Avertisseur Clémandot. — L'avertisseur Clémandot est basé sur la différence de résistance électrique qui existe entre les deux files de rails d'une voie, selon qu'un train les réunit par l'intermédiaire de ses roues et de ses essieux ou que la voie est libre. Les appareils composant l'installation sont groupés dans deux circuits électriques distincts.

Le premier circuit comprend un interrupteur et une pile placés à proximité du point où on veut contrôler le passage des trains. Le deuxième circuit comprend un relais, un bouton de rappel, une sonnerie trembleuse et une pile placés au poste qui doit être averti.

Les deux pôles de la pile ainsi que les fils d'entrée et de sortie des bobines de l'électro-aimant de l'interrupteur du premier circuit, sont reliés aux rails, et la résistance de ces bobines est calculée de façon à être inférieure à la résistance du sol entre les deux files de rails. Si la voie est libre, le courant de la pile du premier circuit se ferme donc par l'intermédiaire des bobines de l'électro-aimant, l'armature est constamment attirée et le circuit du relais placé au poste qui doit être averti étant fermé, l'armature de ce relais est attirée et la sonnerie ne fonctionne pas. Si,

au contraire, un train vient à passer au point de la voie où est établi le premier circuit, le courant de la pile de ce circuit passe par les roues et les essieux qui offrent une moins grande résistance que l'électro de l'interrupteur; la palette de ce dernier cesse d'être attirée et le circuit étant coupé, l'armature du relais du poste qui doit être averti s'écarte de son électro, ce qui a pour effet de fermer le circuit de la sonnerie de ce poste; la sonnerie se met donc à tinter d'une manière continue.

Quand le train est passé, le circuit de la pile du premier poste se ferme de nouveau par l'électro de l'interrupteur dont la palette est attirée. Si à ce moment on pousse un instant un bouton situé au deuxième poste, on ferme le circuit de la pile locale de ce poste par l'électro du relais dont la palette est attirée et la sonnerie cesse de tinter. Le système est alors prêt à fonctionner de nouveau.

Avertisseur de Baillehache. — Cet avertisseur se compose d'un contre-rail isolé (plaque amovible fixée sur une longrine) qui ferme un circuit lorsqu'il est atteint par les roues des véhicules d'un train. On peut ainsi annoncer automatiquement le train à une gare ou à un passage à niveau.

Transmetteur à contacts, système Guillaume. — Le transmetteur à contacts employé à la Compagnie de l'Est se compose de quatre lames en acier découpées en dents, et formant un peigne de 0,50 *m* de longueur totale. Les dents sont recourbées à l'angle droit à leur extrémité.

Les lames sont maintenues par une platine sur une pièce de bois isolante portée par deux sellettes boulonnées au patin du rail. Elles sont réunies à un fil de ligne dans le circuit duquel sont intercalées une pile et une sonnerie d'avertissement à relais, ou un contrôleur de la vitesse des trains, ou enfin tout autre récepteur électrique.

Au passage du train devant le transmetteur, les bandages des roues des véhicules établissent une communication électrique entre les lames et les rails qui forment terre, ce qui provoque une fermeture du circuit et par suite le fonctionnement de l'appareil récepteur.

Nombre d'appareils électriques d'annonce des trains sur les chemins français. — Le nombre des appareils électriques d'annonce des trains en service sur les sept grands réseaux, est de 935.

Cloches électriques

Les cloches sont des appareils destinés, par l'emploi des courants électriques, à produire sur une ligne des signaux acoustiques à l'aide de sonneries conventionnelles. Les cloches sont placées sur voie unique pour annoncer les trains et pour donner, contre le danger de la collision de deux trains de sens contraire, une garantie qui complète les prescriptions réglementaires. Elles offrent aussi le moyen de prévenir un accident en cas d'oubli de ces prescriptions ou d'erreur dans leur application.

Enfin, dans certaines circonstances, les cloches servent à donner, dans l'intérieur des grandes gares, des indications spéciales.

L'emploi des cloches électriques a été rendu obligatoire par la circulaire ministérielle du 13 septembre 1880 sur les sections à voie unique où circulent plus de six trains réguliers par jour dans chaque sens, à moins que ces Compagnies ne préférassent leur substituer le block-system à signaux extérieurs.

Appareils à cloche Léopolder. — Ce système consiste à faire tinter électriquement de grosses cloches placées sur la façade des gares et des postes intermédiaires de manière à prévenir par l'audition d'un certain nombre de coups convenus réglementairement, les agents des gares et tous les agents circulant sur la voie, du départ des trains et de tous les incidents relatifs à leur circulation. A l'exception des gares terminus chaque gare est munie de deux appareils à cloche. Un courant électrique permanent, provenant de piles placées dans les gares, circule entre les stations consécutives en passant par les appareils des postes intermédiaires ; à l'aide d'un commutateur manœuvré d'un point quelconque on produit le nombre de coups de cloche correspondant au signal que l'on veut transmettre. L'appareil à cloche consiste en un mouvement de tournebroche à poids, susceptible, par la rotation d'une roue et l'action de mannetons portés par cette roue sur un levier, d'exercer une traction sur le fil commandant le marteau d'un gros timbre en fonte.

Il suffit de rompre le courant et de le rétablir pour faire fonctionner le déclenchement.

L'*annonciateur automatique* permet de passer les signaux à cloche d'une manière absolument correcte, en observant bien les intervalles réglementaires.

Cet appareil est une véritable boîte à musique dont le cylindre tournant porte des goupilles disposées suivant les signaux à passer et qui interrompent le courant chaque fois qu'elles rencontrent un petit levier placé sur un chariot curseur.

Pour envoyer un signal donné, on amène le curseur en regard du chiffre correspondant au numéro du signal à passer; et avec une manivelle, on remonte le cylindre de l'appareil qui se met à tourner en sens inverse, sous l'influence d'un ressort de barillet, en produisant le nombre voulu d'interruptions de courant.

Cloches Siemens. — La Compagnie du Nord emploie sur les sections à voie unique de son réseau trois types d'appareils.

Sonnerie du premier type. — Cette sonnerie se compose d'un fort mouvement d'horlogerie mû par un poids qui actionne deux marteaux. La roue principale porte autour de son axe un nombre de cames correspondant au nombre de coups qu'on veut obtenir pour un tour complet de la roue. Ces cames font basculer deux leviers reliés aux marteaux par des tirages en fil de fer.

Les marteaux frappent alternativement sur les deux timbres en fonte concentriques, de son différent, et suspendus l'un au-dessus de l'autre à la partie supérieure de la tour qui renferme le mouvement d'horlogerie. Un volant à trois ailettes sert à régler la rapidité d'action du mécanisme.

L'appareil comprend enfin un électro-aimant, une palette de fer doux à laquelle est fixé un crochet d'enclenchement qui maintient tout le mouvement et un paratonnerre.

Si l'on fait passer un courant dans les bobines, la palette est attirée, cette attraction produit le déclenchement du mécanisme qui se met en marche sous l'action du poids moteur. Il est arrêté par une tige en fer qui vient buter sur un cran entaillé dans un petit disque fixé derrière la roue principale et faisant comme elle, un tour complet.

Sonnerie du deuxième type. — Ce nouveau modèle de sonnerie ne s'écarte guère du principe du premier type.

Le mécanisme se compose d'un mouvement vertical d'horlogerie mû par un poids et actionnant deux marteaux.

La roue principale est munie de quinze cames, elle fait un tiers de tour pour une série de cinq coups doubles.

Un cadran muni d'une aiguille et suspendu à l'arbre horizontal du barillet est placé au milieu de la porte principale de la

tour devant une ouverture vitrée, afin d'indiquer à la fois le nombre de séries de coups qu'a données la sonnerie et le moment où il est nécessaire de remonter le poids moteur.

Sonnerie du troisième type. — Ce type comporte en outre de la cloche un signal optique ayant à peu près l'apparence du petit bras des électro-sémaphores.

La principale pièce est un treuil actionné par un fort contrepoids et qui porte à une extrémité une roue pleine en fonte garnie, sur son pourtour, de neuf dents destinées à faire osciller un marteau unique qui frappe intérieurement un timbre d'une série de six coups simples par simple déclenchement. La masse du marteau est assez lourde. Celui-ci est fixé sur une tige verticale munie de deux butoirs qui sont rencontrés alternativement par les cames de la roue en fonte.

L'appareil comprend, en outre, un électro-aimant, une palette en fer doux et un paratonnerre.

Le sytème de déclenchement est analogue à celui des cloches du type Est qui est décrit ci-dessous.

Sources d'électricité. — La source d'électricité qui fournit le courant électrique nécessaire pour actionner les sonneries d'annonce décrites ci-dessus est un inducteur magnétique disposé dans chaque station. Cet appareil se compose d'une grosse bobine tournant au moyen d'une manivelle, entre les branches de douze forts barreaux aimantés en forme de fer à cheval. Un demi-tour suffit pour faire déclencher toutes les sonneries qui se trouvent dans un même groupe. Un commutateur permet de diriger le courant électrique fourni par l'inducteur dans le sens de l'un ou de l'autre des groupes de sonneries entre lesquels la gare est placée.

La Compagnie du Nord fait également usage d'un *commutateur de pile* qui se compose d'une boîte en fonte renfermant un cylindre en buis sur lequel est disposé un large contact en cuivre: trois frotteurs, parfaitement isolés, se réunissent deux à deux sur le contact. Le cylindre calé sur un axe est actionné par une manivelle ordinairement enclenché par une tige à ressort. Pour tourner la manivelle, il suffit de tirer la tige verticale qui fait saillie à l'extérieur de la boîte en fonte. Quand l'appareil est au repos, les frotteurs auxquels sont reliées la ligne et la terre, sont réunis ensemble par le contact du cylindre; dès que l'on tourne la manivelle, les frotteurs reliés à la pile et à la ligne deviennent solidaires l'un de l'autre et le courant actionne les cloches.

Cloche mixte « système Est ». — On a modifié le montage de la cloche Siemens de façon à remplacer la volée de coups par un coup simple et l'inducteur a été disposé pour assurer la manœuvre nécessaire et suffisante à la production du courant qui doit provoquer ce coup simple.

Cet appareil se compose d'un treuil à l'extrémité duquel est un plateau qui porte neuf cames destinées à donner le mouvement de va-et-vient au marteau. Neuf dents plates viennent tour à tour buter contre un axe entaillé à mi-diamètre. Cet axe porte un levier qui est en prise avec un crochet fixé sur l'armature de l'électro-aimant. Lorsqu'il y a attraction de l'armature le levier échappe sous l'action d'un ressort de rappel, l'axe présente sa partie entaillée à l'une des dents plates qui peut alors échapper, le disque tourne sous l'action du poids et avant que la dent suivante vienne en contact avec l'axe, le levier a été ramené à sa position primitive par l'une des chevilles fixées sur le plateau ; la dent venant rencontrer la partie pleine de l'axe, il y a arrêt du mouvement jusqu'à ce qu'un nouveau courant circule dans l'électro.

Source d'électricité. — La source d'électricité nécessaire pour actionner ces appareils est un inducteur magnétique Siémens. En manœuvrant la manivelle d'avant en arrière on ne produit aucun courant car la manivelle est folle sur son axe et possède un cliquet engrenant avec une roue à rochet. En faisant décrire à la manivelle un demi-tour en avant, on produit une émission de courant qui provoque un coup de toutes les cloches d'un même circuit.

Nombre de cloches existant sur les réseaux français. — Il existe sur les sept grands réseaux 12 886 cloches réparties sur 15 784 *km* de ligne ce qui donne un espacement moyen pour les cloches de 1 200 *m* environ.

V. — APPAREILS DE CONTROLE

Controle des appareils de protection des trains

Contrôle des signaux. — Les gares sont protégées par des signaux dont il est nécessaire de connaître la position. Aussi a-t-on placé à proximité de chaque levier de manœuvre un appareil de contrôle « sonnerie ou répétiteur » qui ne sonne ou ne

se met au rouge qu'autant que le levier que l'on a manœuvré a mis le disque à l'arrêt.

Les répétiteurs optiques sont employés dans les cabines Saxby pour éviter le bruit produit par les sonneries qui empêcherait les agents de percevoir les bruits du dehors.

On peut évaluer à 20 000 le nombre des appareils de contrôle des signaux existant sur les réseaux français.

Photoscope. — Cet appareil sert à s'assurer que le feu du disque n'est pas éteint. Il se compose d'une spirale formée de deux métaux juxtaposés « acier et cuivre » placée horizontalement au-dessus de la flamme de la cheminée de la lanterne. Lorsque la spirale est chauffée, elle vient fermer un circuit électrique dans lequel se trouve également la sonnerie ou le répétiteur du disque.

Lorsque la lanterne est placée en haut du mât et que la lampe est allumée, il faut pour que la sonnerie se fasse entendre : 1° que le disque soit à l'arrêt; 2° que la lampe soit allumée.

La Compagnie de P.-L.-M. emploie seule le photoscope. Il en existe environ 3 000 en service sur ses lignes.

Contrôle des verrous de signaux et d'aiguilles. — Lorsque deux postes d'aiguilleurs sont éloignés on donne souvent la faculté à l'un d'eux de verrouiller certains signaux ou certaines aiguilles manœuvrés par l'autre. Dans ces conditions il est nécessaire que le poste verrouilleur ait l'assurance que le verrou qui a été manœuvré a bien fonctionné et à cet effet on installe des appareils de contrôle « sonneries ou répétiteurs » qui remplissent le même but que ceux appliqués aux signaux.

Contrôle des ailes de sémaphores. — Il est souvent nécessaire de contrôler la position des aiguilles de sémaphores. On fait usage à cet effet soit de sonneries à timbre spécial, soit de répétiteurs reproduisant en miniature la position des ailes.

Moteur électro-mécanique appliqué à la manœuvre d'une aile répétitrice de sémaphore. — Dans certaines gares situées sur des lignes où la circulation est très active, on a été conduit à dédoubler les postes sémaphoriques et à les placer en tête des quais qu'ils concernent. Un mécanicien en s'arrêtant dans une gare n'entre donc jamais en section bloquée et il peut, au moment

du départ, se rendre compte de la position de la grande aile du sémaphore.

Par suite de ce dédoublement d'un poste, les ailes se trouvent souvent placées à une assez grande distance de la gare d'où s'effectuent les diverses manœuvres des appareils.

Quand les voies sont en alignement et qu'aucun obtacle n'est interposé entre les agents et les mâts sémaphoriques, il est toujours possible de se rendre compte de la position de l'aile jaune d'annonce d'un train.

Si, au contraire, les voies sont en courbe dans une tranchée ou s'il existe des obstacles qui nuisent à la visibilité des ailes d'annonce, il devient nécessaire, pour renseigner le personnel, de placer à proximité du bâtiment des voyageurs, un appareil reproduisant exactement les mouvements des petits bras jaunes.

Nous avons résolu le problème en utilisant, pour la manœuvre de l'aile répétitrice, le moteur électro-mécanique du disque électrique, décrit plus loin, que nous avons réduit de dimension et auquel nous avons fait subir quelques modifications de détail en supprimant notamment l'amortisseur à glycérine qui est absolument inutile dans le cas particulier.

Sur l'aile jaune du sémaphore, dont on veut contrôler la position, est placé un commutateur, qui ferme le circuit d'une pile sur l'électro du moteur lorsque l'aile d'annonce occupe la position verticale. Ce circuit est au contraire interrompu lorsque l'aile occupe la position horizontale « annonce d'un train ».

Six de ces appareils sont en service depuis deux ans sur la ligne de Vincennes ; les résultats obtenus sont excellents et, au point de vue de l'exploitation, ils rendent de grands services.

Controle de la position des aiguilles

Contrôleur d'aiguille. — Le contrôleur d'aiguille a pour but de faire tinter une sonnerie toutes les fois que les lames de l'aiguille ne sont pas bien appliquées contre les rails et s'en écartent de plus d'une quantité donnée. Il peut indiquer également la direction donnée par les diverses positions de l'aiguille.

Lorsque l'aiguille se trouve entre-bâillée pour un motif quelconque, une sonnerie continue se fait entendre. Lorsque chaque lame d'aiguille possède un contrôleur, une sonnerie tinte pendant la manœuvre d'une position à une autre et une sonnerie continue se fait entendre lorsque l'une des lames est entrebâillée.

Répétiteur d'aiguille, système Chaperon. — Un contrôleur d'aiguille muni de doubles contacts est placé à chaque lame d'aiguille et suivant la direction donnée, l'un ou l'autre des contrôleurs met à la terre le pôle positif ou le pôle négatif d'une pile. Une aiguille miniature placée dans le bureau du chef de service reproduit la position de l'aiguille à contrôler. Une sonnerie tinte continuellement lorsque l'aiguille est entre-baillée.

On peut évaluer à environ 7 500 le nombre d'appareils employés sur les réseaux français pour le contrôle de la position des aiguilles.

Contrôle de la vitesse des trains

Il est intéressant de pouvoir contrôler la vitesse des trains en marche, principalement dans les parties de lignes présentant un profil accidenté.

Appareils du P.-L.-M. — La Compagnie de P.-L.-M. emploie à cet effet des appareils portatifs confiés aux agents, tels que les tachymètres, ou portés sur les machines, comme les chronotachymètres, qui enregistrent d'une manière très précise la marche des machines.

Elle fait également usage sur certaines parties du réseau d'appareils fixes appelés contrôleurs de vitesse.

Appareils fixes. — Ces contrôleurs de vitesse sont des appareils chronométriques déroulant proportionnellement au temps une feuille de papier, sur laquelle des traceurs mus par des électro-aimants viennent pointer l'instant du passage de chaque train au droit de différentes pédales disposées le long de la voie et donnant des contacts électriques. La longueur du papier déroulé indique le temps T écoulé pendant le parcours de la distance connue E entre deux pédales, et la vitesse V est déduite de la formule $V = \frac{E}{T}$.

Appareil à cylindre. — Ce qui distingue cet appareil c'est que: 1° La feuille de papier est fixée sur un cylindre qui simultanément tourne et se déplace sur son axe le long d'un pas de vis; les longueurs sont alors mesurées sur des spires tracées par un stylet fixe ; 2° Ces deux traceurs correspondant aux pédales sont de simples marteaux montés en trembleurs sur leurs électro-ai-

mants et leurs têtes métalliques les frappant sur le papier préparé chimiquement laissent des traces sans qu'il y ait besoin d'encre. Le déroulement des spires se fait à raison de 1 *mm* par deux secondes.

Appareil à rouleau d'entraînement. — Cet appareil déroule à la manière d'un télégraphe Morse une large bande de papier sur laquelle six plumes correspondant aux pédales, marquent à l'encre des traits continus; chacun d'eux est interrompu par des crochets perpendiculaires à la marche normale, lorsque la plume se trouve déviée sous l'action d'un électro-aimant qui la commande au passage d'un train sur la pédale correspondante.

Le déroulement de la bande se fait à raison de 5 *mm* par minute.

Enregistreur de vitesse de l'Orléans. — Cet appareil se compose d'un pendule qui se trouve mis en mouvement seulement lorsque la première roue de la machine agit sur un commutateur à levier basé sur la flexibilité du rail; le courant en passant dans un électro-aimant rend libre le pendule. Un mouvement d'horlogerie agit sur un plateau qui porte une feuille de papier divisée. Un crayon marque une trace sur ce papier.

Lorsque le train a franchi un espace de 10 *m*, une seconde pédale arrête le pendule et l'on peut se rendre compte sur la feuille de papier de la vitesse du train. Une crémaillère déplace à chaque instant le crayon afin que les circonférences décrites ne se superposent pas.

Enregistreur fixe de la vitesse des trains, système Hubou. — Cet appareil comprend un cylindre enregistreur mû par un mouvement d'horlogerie et un chariot mobile entraîné par une vis héliçoïdale. Les déclenchements se font électriquement et on obtient sur le cylindre des graphiques donnant, à première lecture, la vitesse d'un train et son heure de passage.

Contrôleur de vitesse des chemins de fer de l'État. — Deux pédales placées à 200 *m* l'une de l'autre établissent, dans un récepteur Morse, des contacts de sens contraire.

Un inverseur sous l'action du courant produit par la première pédale, débraye le Morse et, sous l'action du courant produit par la seconde, embraye le Morse.

L'inverseur est disposé de manière à fermer le circuit d'une pile spéciale qui actionne l'imprimeur de l'appareil lorsque le Morse est débrayé.

Pendant que le train parcourt 200 *m*, le Morse, dont l'appareil d'horlogerie est réglé de manière à avoir une marche uniforme, déroule la bande de papier avec une vitesse régulière et connue, et la longueur du trait tracé permet de calculer le temps écoulé entre les deux passages du train sur les pédales et, par suite, la vitesse.

Controleur de rondes électrique

Dans les gares d'une certaine importance, on a dû, pour éviter les soustractions et la malveillance, prescrire des rondes de nuit faites par des surveillants. Afin de contrôler le passage de ces agents en des points déterminés, on a eu recours à des appareils, appelés contrôleurs de rondes, de systèmes variables.

La Compagnie des chemins de fer de l'Est a étudié et mis en service un contrôleur de rondes électrique qui se compose d'un cylindre mû par un mouvement d'horlogerie et faisant un tour en douze heures.

En dessous de ce cylindre se trouvent autant d'électro-aimants qu'il y a de postes à contrôler.

Le courant électrique en passant dans l'un de ces électro-aimants attire une armature qui vient appuyer par son extrémité libre sur un levier qui est terminé par un porte-mèche dans lequel se trouve fixée une mèche de soie imbibée d'une encre spéciale.

On recouvre le cylindre d'une feuille de papier qui, par abscisses et ordonnées, donne l'heure à laquelle l'agent est passé à un poste déterminé.

Chaque poste est muni d'une boîte en fonte à l'intérieur de laquelle se trouve un contact en argent relié à la terre. Une lame de ressort isolée est en relation avec la pile par l'intermédiaire d'un fil conducteur et de l'un des électro-aimants de l'appareil. En introduisant dans la boîte une clef spéciale et en faisant faire un tour à cette clef dans l'intérieur de la boîte, l'agent qui fait sa ronde ferme le circuit de la pile sur l'électro correspondant à la boîte.

L'armature de l'électro est attirée, le porte-mèche se soulève et la mèche encrée vient produire un point sur le papier du cylindre enregistreur.

VI. — MOTEUR ÉLECTRO-MÉCANIQUE POUR LA MANŒUVRE A DISTANCE D'UN DISQUE

Le mode de transmission généralement adopté pour la manœuvre à distance des signaux consiste à relier par un fil de fer le levier de manœuvre au levier de rappel du signal ; le fil est soutenu par des poulies à gorge placées de distance en distance. Le contrepoids du levier de rappel doit donc être calculé pour vaincre, en retombant, les frottements ainsi que l'inertie du fil et pour produire en même temps le déplacement du signal. Ces transmissions pour les disques avancés atteignent des longueurs variant de 1 500 à 2 500 *m* suivant le profil de la voie. On conçoit, dès lors, que les agents éprouvent des difficultés pour la manœuvre de ces signaux, difficultés qu'augmentent encore les variations de température par suite de l'allongement ou du raccourcissement des fils et la chute des neiges qui parfois immobilisent les appareils. D'un autre côté, les ruptures de transmission sont assez fréquentes.

C'est dans le but d'obvier à ces inconvénients et de pouvoir réaliser très économiquement les enclenchements des signaux avec les aiguilles que nous avons combiné un appareil permettant d'obtenir la manœuvre électrique des signaux sans apporter toutefois de modification à ces derniers quel que soit leur type.

Nous ne donnerons pas ici la description du moteur électro-mécanique auquel nous avons apporté dernièrement de sérieuses améliorations, notamment en ce qui concerne le mode de transmission du mouvement. De plus, la pratique nous a démontré qu'il était nécessaire, pour éviter les chocs brusques résultant de la chute du poids moteur, de faire usage d'un amortisseur à glycérine.

Le disque électrique primitif de MM. Dumont et Postel-Vinay ainsi transformé n'a pas encore été mis à l'essai en ligne, mais nous avons tout lieu de penser qu'il donnera des résultats très satisfaisants.

VII. — REMISE A L'HEURE DES HORLOGES A GRANDE DISTANCE, PAR L'INTERMÉDIAIRE DES FILS TÉLÉGRAPHIQUES

Le système étudié et appliqué par la Compagnie de l'Est sur la ligne de Paris à Vesoul consiste à se servir des fils télégraphiques pendant cinq minutes tous les douze heures, pour envoyer un courant électrique dans un certain nombre d'horloges réceptrices afin de les mettre à la même heure que l'horloge distributrice.

Il s'agissait d'abord de réaliser l'isolement des appareils télégraphiques et la mise en communication des horloges avec la ligne pendant cinq minutes toutes les douze heures.

Cette communication a été obtenue automatiquement par les horloges elles-mêmes au moyen d'un commutateur électrique qui isole le poste télégraphique trois minutes avant douze heures et deux minutes après douze heures. Le courant électrique d'une pile locale est fermé sur l'électro-aimant de ce commutateur par l'intermédiaire d'un levier venant au contact d'un ressort; ce levier est actionné par un système de limaçons montés sur la roue de cadran et sur la chaussée du mouvement de l'horloge.

L'horloge distributrice est une horloge spéciale parfaitement réglée.

Un commutateur, système Madeleine, permet d'envoyer le courant d'une pile locale dans le commutateur électrique et de mettre pendant cinq minutes la ligne télégraphique en communication avec l'horloge en isolant le poste télégraphique. Un deuxième commutateur Madeleine permet d'envoyer sur la ligne télégraphique le courant destiné à remettre à l'heure toutes les horloges réceptrices. Ce courant est envoyé soixante secondes avant douze heures et cesse à douze heures précises.

Les horloges réceptrices sont du type habituellement employé dans les gares; chacune de ces horloges comporte un commutateur électrique actionné par une pile locale trois minutes avant douze heures et deux minutes après douze heures.

Le système de remise à l'heure consiste à arrêter la roue d'échappement, de telle sorte que le balancier continue à osciller librement indépendamment du rouage. L'horloge doit être réglée de manière à ne jamais retarder.

C'est à 11 h. 59 m. que l'horloge distributrice envoie un cou-

rant d'une durée de soixante secondes. Le courant traverse un électro et tend à attirer l'armature; mais cette dernière ne peut obéir à cette attraction que lorsque le bras de levier sera tombé dans l'encoche du limaçon, c'est-à-dire lorsque l'horloge à régler marquera 12 heures juste; dès que l'armature pourra s'approcher de l'électro, le crochet du levier arrêtera la fourchette et l'horloge réceptrice restera à 12 heures jusqu'à ce que le courant cesse. On voit donc de suite que si les horloges sont réglées avec une légère avance toutes les douze heures ces horloges seront remises à l'heure exacte de l'horloge type.

VIII. — APPLICATIONS MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ

Certaines Compagnies de chemins de fer qui ont installé à grand frais des usines électriques pour l'éclairage de leurs gares importantes ont cherché, avec raison, à utiliser l'énergie ainsi mise à disposition pour actionner des engins de manutention.

C'est la Compagnie du Nord qui la première en France a résolu la question avec son treuil pour le déchargement et l'arrimage sous halle des sacs de sucre et de grains, avec ses cabestans électriques et son appareil pour la manœuvre électrique des aiguilles.

Tout récemment la Compagnie d'Orléans, sur son prolongement souterrain de la ligne de Sceaux, a utilisé assez largement l'électricité pour la manœuvre d'engins de gare.

Nous allons passer rapidement en revue ces différentes applications.

Treuil électrique. — La Compagnie du Nord a mis en service à la gare de la Chapelle un chariot à quatre roues sur lequel sont montées deux machines électriques, l'une pour donner au chariot le mouvement d'avance ou de recul sur les rails du chemin de roulement, l'autre pour communiquer au crochet de la chaîne portant les sacs, le mouvement d'élévation et de descente.

La source d'électricité est une dynamo ou une batterie d'accumulateurs, pouvant débiter une intensité de 25 ampères sous 100 ou 200 volts aux bornes réceptrices.

L'appareil est mis en mouvement par un double commutateur inverseur, relié à des résistances en maillechort, calculées pour amener graduellement le courant dans les réceptrices.

Enfin le courant est amené aux machines du treuil par des contacts à ressorts frottant sur des languettes en laiton fixées sur des madriers en bois, établis à l'intérieur du chemin de roulement.

Monte-charges. — Lors de la construction du prolongement souterrain de la ligne de Sceaux on a installé cinq monte-charges électriques pour le service des bagages.

Ces appareils peuvent élever 700 *kg* à la vitesse de 0,40 *m* à 0,50 *m* par seconde. Les cabines sont supportées par des câbles s'enroulant sur des treuils à tambour actionnés par un moteur électrique au moyen d'une vis tangente.

Le système de manœuvre est disposé comme il est d'usage avec les appareils hydrauliques. Une corde passant dans l'intérieur de la cabine agit sur le commutateur de mise en marche; l'arrêt est obtenu automatiquement à fin de course par des tocs placés sur la cabine venant agir sur la corde de manœuvre par l'intermédiaire de poulies de renvoi. La résistance de mise en route se trouve d'abord intercalée, puis le moteur est mis en court-circuit de façon à obtenir l'arrêt avec précision.

A la gare de l'Ouest-Montparnasse, il existait depuis longtemps un monte-charges mû à bras, la Compagnie a fait transformer dernièrement cet appareil en adoptant la manœuvre électrique.

La Compagnie du chemin de fer du Nord fait usage de monte-charges de 500 et de 1 200 *kg*, mis en mouvement par l'électricité, lorsqu'il y a lieu de monter des marchandises dans des gares dont l'accès est au niveau de la rue, tandis que les voies et quais de chargement sont à un niveau supérieur.

Ces appareils comprenant une machine dynamo de 40 à 50 ampères sous 100 volts, dont l'arbre de l'induit est prolongé par une vis sans fin qui engrène avec une roue héliçoïdale sur l'arbre de laquelle est calée une noix qui donne directement le mouvement à la chaine de Galle supportant la cage mobile.

Près de la dynamo se trouvent le rhéostat de démarrage et le commutateur-inverseur. Ces deux appareils peuvent être actionnés des deux niveaux du monte-charge, au moyen d'une corde en fil d'acier dont la tension est continuellement maintenue à l'aide d'un petit contrepoids.

Grues électriques. — On a été conduit à transformer certaines grues à bras ou à vapeur en grues électriques et les résultats obtenus ont été des plus satisfaisants.

La Compagnie du chemin de fer du Nord a étudié et mis en service tout récemment une grue électrique de 3 500 *kg* qui est à la

fois roulante et tournante et dont la flèche, d'une portée de 10 *m*, est abaissable.

La dynamo réceptrice est placée à l'arrière de la plate-forme; elle fonctionne avec une intensité maximum de 65 ampères sous 200 volts. Elle est capable de développer, en marche normale, une puissance de 1 270 *kgm* et momentanément une puissance double.

La dynamo peut, par des systèmes d'embrayages, commander à volonté le mécanisme de levage et d'orientation, le mouvement de translation de la grue sur la voie ou le relevage de la flèche.

Une manœuvre à bras peut remplacer instantanément la manœuvre électrique en cas d'avarie à la partie électrique et aux organes qui en dépendent.

Cabestans électriques. — La Compagnie du Nord a réalisé et mis en service un cabestan électrique qui se compose d'une dynamo à deux anneaux dont l'arbre porte, à l'une de ses extrémités, un pignon qui engrène avec une grande roue dentée; sur l'axe de cette roue est montée la cloche du cabestan, autour duquel s'enroule le câble employé pour la manœuvre.

L'appareil est mis en mouvement à l'aide d'une pédale glissant sur un commutateur spécial de groupement, étudié par M. Hillairet et auquel se relient les extrémités des fils des anneaux et des inducteurs de la dynamo; ce commutateur permettant de mettre graduellement en tension et en dérivation les diverses parties de la machine, on obtient différentes vitesses de rotation du cabestan avec des efforts variant entre 350 et 400 *kg*, et on évite ainsi l'emploi de résistances variables qu'il eût été difficile de loger dans l'espace restreint dont on dispose.

L'intensité de la dynamo est de 30 ampères et le potentiel de 100 volts.

Le cabestan avec poupée de halage, dont nous venons de donner une description très sommaire, est employée pour déplacer les wagons et pour faire tourner ces derniers sur plaques.

Mais, lorsqu'il s'agit seulement d'opérer la rotation d'une plaque ou d'un pont tournant on emploie le cabestan à action directe dont le mécanisme est analogue au précédent. La poupée a été supprimée et remplacée par un pignon Galle qui, par l'intermédiaire d'une chaîne, actionne la plaque ou le pont tournant.

Enfin, pour diminuer le nombre des appareils de manutention autour de plusieurs plaques tournantes groupées à côté les unes

des autres, la Compagnie du Nord a été conduite à étudier et à appliquer un appareil permettant de mettre en mouvement alternativement trois plaques et de faire du halage de wagons.

Plaques tournantes mues électriquement. — A propos des cabestans électriques nous avons dit comment la Compagnie du Nord avait résolu le problème de la manœuvre directe des plaques tournantes.

La Compagnie d'Orléans, sur son prolongement souterrain de la ligne de Sceaux, a également appliqué la manœuvre électrique à certaines plaques tournantes.

Au dépôt de Montrouge, une plaque tournante pour locomotives au lieu d'être actionnée comme elle l'était primitivement par deux treuils mus à bras placés sur un même diamètre du pont, est actuellement mise en mouvement par un treuil électrique. La demi-rotation de la plaque chargée d'une locomotive de 50 *t* s'effectue en moins de trente secondes.

A la station du Luxembourg, des plaques tournantes sont commandées au moyen d'une chaîne de Galle placée sur une couronne en fer à U montée autour de la plaque. Cette chaîne est commandée elle-même par un treuil électrique.

L'arrêt et la mise en marche de plaques se font au moyen d'une simple pédale commandant un relais de démarrage d'un système spécial qui envoie le courant dans l'induit à travers un rhéostat calculé de manière à produire le démarrage sans une trop grande intensité. Dès que la plaque a atteint une vitesse suffisante, la résistance intercalée se trouve supprimée automatiquement par un deuxième relais.

Ces plaques ont à faire un service assez chargé ; l'une d'elles, entre autres, doit faire environ quatre-vingt manœuvres par jour.

Manœuvre électrique d'aiguille. — La Compagnie du Nord a étudié un appareil de manœuvre électrique d'aiguille consistant dans une machine dynamo électrique intercalée entre les lames de l'aiguille un peu en contre-bas des traverses et faisant tourner un axe à l'extrémité duquel sont deux vis héliçoïdales qui commandent des doigts ovoïdes solidaires de chacune des lames de l'aiguille.

Lorsque la machine tourne dans un sens ou dans l'autre selon le sens du courant qu'on y envoie à l'aide d'un commutateur, les rainures des deux vis dans leur mouvement de rotation, forcent

les doigts et par conséquent les lames à se déplacer transversalement. A la fin de la course, des taquets viennent caler exactement les lames contre les rails contre-aiguilles.

Enfin un contrôleur électrique du type de ceux en usage sur le réseau du Nord, est disposé de manière à ne déclencher les autres leviers du poste d'où l'aiguille est manœuvrée, qu'à la condition que le contact des lames soit parfait.

Si donc il y avait un entre-bâillement quelconque ce poste en serait averti par la résistance qu'il éprouverait en voulant effectuer le signal qui autorise le passage sur l'aiguille.

La dynamo est de 2,5 *ch*; son intensité de 25 ampères et la différence aux bornes de 60 volts environ pour permettre d'effectuer la manœuvre en 0,25 seconde.

Le nombre des accumulateurs à lames de plomb du type de la Société du Travail électrique des métaux varie de 30 à 40 selon la longueur de la transmission.

En 1891, M. Hillairet, Ingénieur-constructeur-électricien, a combiné un système de manœuvre électrique des aiguillages à contrepoids.

Le contrepoids ordinaire qui tourne autour du levier de manœuvre, pour parachever et assurer par son balourd la manœuvre de l'aiguille est remplacé, dans ce système, par une dynamo roulant par son pignon sur un plateau solidaire du levier d'aiguillage. Le courant passe à la dynamo par ses balais et les collecteurs au travers d'un ampèremètre qui interrompt automatiquement le courant dès que son aiguille baisse par la diminution que subit l'intensité du courant du fait de l'accroissement de vitesse de la dynamo aussitôt qu'elle descend sur son plateau incliné, par elle, dans le sens de la manœuvre.

Le système est combiné de manière à pouvoir revenir à la manœuvre ordinaire à main par un simple déclenchement de la roue du plateau.

On peut aussi remplacer le plateau par une glissière sur laquelle la dynamo se remorque par une vis en interrompant automatiquement son courant aux fonds de course.

IX. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES GARES ET DES TRAINS

En mars 1892, nous avons présenté à la Société des Ingénieurs Civils une étude sur l'éclairage électrique des gares de chemins de fer et nous ne croyons pas devoir revenir sur cette question.

De même en décembre 1892, nous avons fait connaître à nos collègues les dispositions qui avaient été prises ou proposées en vue d'assurer l'éclairage électrique des trains. Depuis cette époque la Compagnie du chemin de fer du Nord a appliqué l'éclairage électrique au moyen d'accumulateurs à un assez grand nombre de véhicules et les résultats obtenus ont été jugés suffisamment concluants pour justifier l'extension de ce nouveau mode d'éclairage.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Avant-propos 444

I. — Appareils de correspondance.

TÉLÉGRAPHE. 445
Postes télégraphiques 446
Postes portatifs. 448
Appareils accessoires des postes télégraphiques 449
Rappel général Claude. 449
Rappel Bréguet-Rodary. 450
Rappel parleur Marchand 451
Importance du service télégraphique 451

TÉLÉPHONE. 451

APPAREILS DE CORRESPONDANCE DIVERS. 452

Appareil Jousselin 452
Appareil Guggemos. 453
Appareil de correspondance de la Compagnie d'Orléans. 453
Appareil de correspondance avec réduction du nombre de fils. 454
Appareils de correspondance à guichets. 455
Appareil galvanométrique. 455

INTERCOMMUNICATION ÉLECTRIQUE DES TRAINS 456

II. — Block-system. 457

Électro-sémaphores Lartigue. 458
Appareils Regnault 460
Appareils Flamache. 462
Appareils Tyer. 462
Block-system P.-L.-M. 462
Nombre d'appareils de block sur les chemins français 464
Block-system automatique 464

III. — Enclenchements électriques 465

IV. — Avertisseurs et appareils d'annonce.

Appareils de correspondance. 465
Appareils de passages à niveau avertis automatiquement par les trains 465
Trembleuse avertisseur système Couard et Paget. 466
Avertisseur à trompe 466
Avertisseur à lanterne mobile 467
Contact fixe pour le déclenchement électro-mécanique du frein continu à vide . . . 467
Avertisseur de gare. 468
Avertisseur Clémandot 468
Avertisseur de Baillehache. 469
Transmetteur à contact, système Guillaume 469
Nombre d'appareils électriques d'annonce des trains sur les chemins français . . . 469

CLOCHES ÉLECTRIQUES

Appareils à cloche Léopolder 470
Cloches Siemens 471
Cloche mixte, système Est. 473
Nombre de cloches existant sur les réseaux français. 473

V. — Appareils de contrôle.

Contrôle des appareils de protection des trains.

Contrôle des signaux 473
Photoscope 474
Contrôle des verrous de signaux et d'aiguilles 474
Contrôle des ailes de sémaphores 474
Moteur électro-mécanique appliqué à la manœuvre d'une aile répétitrice de sémaphore 474

Contrôle de la position des aiguilles.

Contrôleur d'aiguille 475
Répétiteur d'aiguille, système Chaperon 476

Contrôle de la vitesse des trains.

Appareils du P.-L.-M. 476
Enregistreur de vitesse de l'Orléans 477
Enregistreur fixe de la vitesse des trains, système Hubou 477
Contrôleur de vitesse des chemins de fer de l'Etat 477

Controleur de rondes électrique 478

VI. — Moteur électro-mécanique pour la manœuvre à distance d'un disque 479

VII. — Remise à l'heure des horloges à grande distance par l'intermédiaire des fils télégraphiques 480

VIII. — Applications mécaniques de l'électricité.

Treuil électrique 481
Monte-charges 482
Grues électriques 482
Cabestans électriques 483
Plaques tournantes mues électriquement 484
Manœuvre électrique d'aiguille 484

IX. — Éclairage électrique des gares et des trains 486

ACCROISSEMENT

DE LA

VITESSE DES TRAINS EXPRESS

EN FRANCE

(De 1854 à 1895)

PAR

M. R. VARENNES

A une époque comme la nôtre, où les voyages deviennent de plus en plus fréquents et les distances franchies de plus en plus grandes, l'accroissement de la vitesse des trains express constitue pour tout le monde un progrès d'un intérêt capital. D'ailleurs, comme les voyageurs se déplacent d'autant plus que les facilités de communication deviennent plus grandes, il est naturel que les Compagnies de chemins de fer aient cherché à accélérer leurs services : toutes sans exception, en France comme à l'étranger, sont résolument entrées dans la voie du progrès.

Nous avons lu dans ces derniers temps les comptes rendus des courses de vitesse exécutées sur les voies ferrées anglaises et américaines : ces luttes n'ont pas été stériles, elles viennent d'avoir pour résultat, dans ces deux pays, un remaniement des horaires et une accélération notable. Mais les journaux, techniques ou non techniques, qui sont si bien documentés sur ce qui se passe à l'étranger, restent généralement muets sur ce qui se fait en France, ou, s'ils se hasardent à parler de la vitesse de nos express français, ils traitent cette question d'une façon telle qu'on ne peut douter de leur ignorance ou de leur parti pris. Je ne connais guère qu'un journal qui échappe à cette critique : j'ai le regret de constater qu'il n'appartient pas à la presse scientifique, mais à la presse quotidienne. Pour ne pas le nommer, c'est *Le Petit Journal*, où M. Giffard, en organisant le concours des voitures automobiles, a été amené à étudier les questions de vitesse non seulement sur routes mais sur rails et a émis sur cette matière des idées saines et exactes.

Voilà ce qui m'a engagé à faire une étude consciencieuse de l'accroissement de la vitesse des trains express en France, de 1854 à 1895 : ce sont les résultats de cette étude que j'ai, ce soir, l'honneur d'exposer devant vous : j'espère qu'ils pourront vous intéresser pendant quelques instants, en vous permettant de comparer les résultats obtenus à quarante années de distance et de mesurer l'étendue des conquêtes de l'art de l'Ingénieur des chemins de fer.

J'ai pensé que la façon la plus claire de vous présenter les progrès effectués par chacune de nos Compagnies était d'établir un tracé graphique qui montre non seulement les vitesses réalisées aux deux extrémités de la période comparée, mais aussi à chacune des années intermédiaires ; un simple coup d'œil permet ainsi d'apprécier les efforts successifs qui ont été faits pour arriver aux vitesses actuelles.

Voici sur quelles bases j'ai établi mon graphique :

Tout d'abord, permettez-moi de rappeler les différentes sortes de vitesses qu'avait définies notre regretté Collègue D. Bandérali :

« La vitesse commerciale, qui représente la rapidité réelle du transport depuis le point de départ jusqu'au point terminus sans tenir compte des stationnements : c'est une moyenne des temps de marche et de stationnement ;

» La vitesse réelle de marche, qui représente la rapidité effective de la translation à chaque instant de la marche et constitue une quantité très variable.

» La vitesse moyenne de marche, qui représente le temps réellement employé pendant la marche et qu'on obtient en défalquant du temps total uniquement le temps des stationnements. »

La vitesse moyenne de marche ainsi définie est une définition de la vitesse que je ne trouve pas juste. En effet, l'influence d'un arrêt intermédiaire ne se fait pas seulement sentir par la perte du temps alloué pour le stationnement : il y a, en outre, perte de temps pour l'amortissement de la vitesse jusqu'au moment où l'arrêt est obtenu et ensuite perte de temps pour le démarrage : il est légitime d'en tenir compte.

Les documents que j'ai consultés m'ont fait voir que la pratique des Compagnies est de compter deux minutes ainsi perdues pour chaque arrêt.

Ces considérations m'amènent à définir la vitesse moyenne de

marche ainsi : c'est la vitesse obtenue en défalquant du temps du parcours total :

1° La durée des stationnements ;
2° Deux minutes par arrêt.

Pour éviter toute confusion, j'appellerai cette vitesse : **la vitesse moyenne de pleine marche.** C'est elle que j'ai prise pour terme de comparaison.

Comme trains, j'ai envisagé le train régulier le plus rapide circulant sur le réseau de chaque Compagnie depuis 1854 jusqu'à aujourd'hui. C'est :

Pour l'Est : le train de Paris à Nancy ;
Pour le Midi : le train de Bordeaux à Cette ;
Pour le Nord : le train de Paris à Calais ;
Pour l'Orléans : le train de Paris à Bordeaux.
Pour l'Ouest : le train de Paris au Havre ;
Pour le P.-L.-M. : le train de Paris à Marseille ;

Les lignes parcourues par ces trains ne comportent que des courbes d'assez grand rayon pour ne pas exiger de ralentissements et vous allez voir qu'elles se valent au point de vue des difficultés de profil.

D'après Couche, on peut diviser les rampes en trois catégories :

Rampes faibles de 1 à 5 *mm* par mètre ;
Rampes moyennes de 5 à 10 *mm* par mètre ;
Rampes fortes au-dessus de 10 *mm* par mètre.

Les lignes parcourues par les trains comparés n'ont pas de rampes fortes. Quelques-unes présentent des rampes moyennes en faible proportion.

En mettant de côté les rampes faibles et en ne prenant que les rampes moyennes, dans le sens du parcours que j'ai considéré, on rencontre :

Sur l'Est : 11 *km* en rampe de 8 *mm* entre Nançois et Loxéville, soit 3,5 0/0 de la distance de Paris à Nancy ;

Sur le Midi : néant ;

Sur le Nord : une rampe de 7 *mm* entre Neufchâtel et Étaples, et une rampe de 8 *mm* entre Boulogne et Caffiers, en tout 21 *km*, soit 7,1 0/0 de la distance de Paris à Calais ;

Sur l'Ouest : néant ;

Sur le P.-L.-M. : 31 *km* en rampe de 8 *mm* entre les Laumes et Blaisy, soit 3,5 0/0 de la distance de Paris à Marseille;

Sur l'Orléans : 9 *km* en rampe de 8 *mm* au delà d'Étampes, soit 1,5 0/0 du parcours de Paris à Bordeaux.

Le pourcentage des rampes dépassant 5 *mm* par mètre varie donc de 7,1 0/0 pour la ligne de Calais, à 1,5 0/0 pour la ligne de Bordeaux. De Paris au Havre et de Bordeaux à Cette, on ne rencontre pas de rampe de plus de 5 *mm*.

En réalité, les profils de ces six lignes diffèrent assez peu les uns des autres pour qu'on puisse les considérer comme équivalents au point de vue qui nous occupe.

Les chiffres ont été arrondis au kilomètre :

70,4 *km* par exemple = 70 *km*; 70,5 *km*, 70,6 *km* = 71 *km*.

Le graphique établi sur les bases que je viens de vous exposer me paraît être l'expression la plus équitable possible de ce qui existe en fait.

Examinons maintenant ce graphique et les considérations qui en découlent *(Pl. 152)*.

Nous voyons tout d'abord que, dès 1854, plusieurs de nos Compagnies réalisent des vitesses de 60 à 63 *km* à l'heure, résultat remarquable pour l'époque.

Les vitesses inférieures des autres Compagnies doivent être attribuées aux débuts de leur exploitation, et nous retrouvons dans la période de 1865 à 1875 nos six Compagnies pratiquement sur le même rang.

La situation était donc la même en 1875 qu'en 1854, sans progrès sur les débuts.

En 1876, la situation change : la Compagnie d'Orléans fait un véritable bond en avant et se place à un niveau bien supérieur à celui des autres Compagnies; mais depuis, elle n'a plus progressé.

Les autres Compagnies, entraînées par cet exemple, se mettent aussi à accroître la vitesse de leurs express, d'une manière moins brusque mais continue, et à partir de 1889, l'Orléans n'est plus qu'au second rang.

Les Compagnies P.-L.-M. et de l'Ouest, qui pendant quelque temps n'ont pas suivi le mouvement, se sont rattrapées dans ces dernières années.

Enfin, si nous examinons l'état de la question aujourd'hui.

en 1895, nous voyons que c'est la Compagnie du Nord qui détient le record de la vitesse avec une avance considérable. Le train de Paris à Calais, pris comme terme de comparaison depuis 1854 jusqu'en 1895, réalise actuellement une vitesse de 82 *km* à l'heure.

Depuis l'année dernière, le service de Paris à Lille ayant été accéléré, le train express n° 317 de Paris à Lille est devenu plus rapide encore que celui de Paris à Calais. Sa vitesse est de 85 *km* à l'heure.

Ce résultat m'a paru assez remarquable pour que je l'aie fait figurer au graphique par un trait spécial.

C'est à notre ancien Président M. G. du Bousquet que sont dus ces progrès considérables. C'est grâce à lui que nous avons en France des trains supérieurs en vitesse à tous ceux du vieux continent et absolument comparables à ce qu'il y a de mieux en Angleterre. Je ne parle pas de l'Amérique, parce que, si l'on excepte un seul train « l'Empire State Express », la vitesse des express du nouveau continent est des plus ordinaires.

Nous savons tous, du reste, que c'est le service de la traction du Nord qui a pris l'initiative de l'application du bogie et du système compound aux locomotives, dispositifs qui se sont répandus depuis presque partout.

Si maintenant nous passons à la partie inférieure de l'échelle, nous voyons que la Compagnie de l'Ouest se sépare des autres, en restant en arrière avec 67 *km* à l'heure, vitesse de son rapide n° 1 de Paris au Havre mis en circulation il y a deux ans. De 1854 à 1893, il n'y avait pas eu sur l'Ouest d'amélioration appréciable.

Les Compagnies de P.-L.-M., de l'Est, de l'Orléans et du Midi se groupent avec des vitesses pratiquement équivalentes de 72 à 73 *km* à l'heure. Ces quatre Compagnies tiennent à peu près le milieu entre le Nord en tête et l'Ouest en queue.

Je trouve vraiment regrettable que la Compagnie d'Orléans se soit endormie sur les lauriers qu'elle avait si brillamment conquis en 1876 et qu'elle se soit ainsi laissé dépasser de beaucoup par le Nord.

Des progrès importants ont été faits dans ces dernières années par la Compagnie de P.-L.-M. Il y a eu deux accélérations considérables : l'une a coïncidé avec l'adoption du bogie à la machine et des tubes Serve à la chaudière, l'autre avec la mise en service de locomotives compound à quatre cylindres. Si la vitesse de 73 *km* à l'heure n'est pas très brillante, il y a lieu de considérer combien sont lourdement chargés les express de la ligne Paris-Marseille.

Personnellement (et les nombreux voyageurs qui fréquentent la ligne de Marseille pour leurs affaires ou pour rejoindre la côte d'azur seront de mon avis), je déplore que la puissance des excellentes machines compound du P.-L.-M. ne se traduise pas par une accélération plus grande avec une charge un peu moins considérable. Le résultat obtenu par le P.-L.-M. n'en est pas moins très remarquable au point de vue technique; il est dû à l'initiative de son ingénieur en chef, M. Ch. Baudry, que nous avons l'honneur d'avoir pour Collègue dans notre Société.

Les Compagnies de l'Est, du Midi, de l'Orléans, dont la traction est dirigée par nos éminents Collègues, MM. L. Salomon, A.-E. Millet et E. Polonceau, ont des vitesses très honorables.

La Compagnie de l'Est, notamment, a récemment mis en service un train, l'express n° 29 de Paris à Reims, qui franchit en deux heures, les 156 *km* qui séparent ces deux villes. C'est une vitesse moyenne d'environ 80 *km*, d'autant plus méritoire que ce train, comportant toutes les classes, est presque toujours lourdement chargé.

L'examen de la dernière année considérée dans le graphique, l'année 1895, nous permet de classer les Compagnies françaises en trois catégories très tranchées et nous mettrons :

Au 1er rang : le Nord avec 85 *km* à l'heure;

Au 2e rang, *ex æquo* : l'Est, le Midi, le P.-L.-M., l'Orléans, avec 72 à 73 *km* à l'heure;

Au 3e rang : l'Ouest avec 67 *km* à l'heure.

Je crois intéressant de vous donner quelques exemples des parcours les plus rapides entre gares d'arrêt que j'ai observés; ils sont tous calculés sur la vitesse moyenne de pleine marche :

Nord.

Busigny à Saint-Quentin. Le train n° 112 met 19 minutes pour faire 27 *km*, soit . . . . . 95 *km* à l'heure.

Paris à Longueau. Le train n° 317 met 1 h. 30 pour faire 126 *km*, soit . . . . . 86 *km* —

Midi.

Bordeaux à Langon. Le train n° 101 met 33 minutes pour faire 42 *km*, soit . . . . . 81 *km* —

Est.

Paris à Reims. Le train n° 29 met deux heures pour faire 156 *km*, soit . . . . . 79 *km* à l'heure.

P.-L.-M.

Valence à Avignon. Le train n° 1 met 1 h. 38 pour faire 124 *km*, soit . . . . . 78 *km* —

Orléans.

Les Aubrais à Paris. Le train n° 34 met 1 h. 36 pour faire 119 *km*, soit. . . . . 76 *km* —

Ouest.

Chartres au Mans. Le train n° 5 met 1 h. 48 pour faire 123 *km*, soit . . . . . 70 *km* —

Le dépouillement de tous les horaires auquel je me suis livré m'a réservé quelques surprises :

C'est ainsi que j'ai constaté, à certaines époques, au lieu d'une marche continue vers le progrès, des retours en arrière que je ne puis que constater sans les apprécier :

RENNES A PARIS

Distance : 384 km.

	1878	1895
Rennes . . . . . *départ.*	7 h. 55	8 h. 55
Paris . . . . . *arrivée.*	2 h. 20	4 h.
Vitesse moyenne de pleine marche, à l'heure	69 *km*	63 *km*
Vitesse commerciale à l'heure. . .	59 *km*	54 *km*

PARIS-TROUVILLE

	1878	1895
Paris . . . . . *départ.*	1 h. 30	1 h. 30
Trouville. . . . . *arrivée.*	5 h.	5 h. 28
Vitesse commerciale à l'heure. . .	63 *km*	56 *km*

Nous avons remarqué qu'à plusieurs reprises nos Compagnies ont marché de pair : on ne voit pas pourquoi cette règle ne se

maintiendrait pas, l'égalité se faisant naturellement sur le niveau le plus élevé.

S'il en était ainsi, il en résulterait un bénéfice considérable pour l'ensemble des voyageurs de France ainsi que pour l'acheminement rapide des correspondances postales.

Si nous appliquons aux lignes comparées la vitesse de 82 *km* à l'heure, réalisée par le rapide de Paris à Calais que nous prendrons comme type et si nous établissons les horaires *en respectant le nombre et la durée des stationnements actuels* (par conséquent en tenant compte des deux minutes par arrêt dont il a été parlé plus haut), nous arriverons au résultat suivant :

Nous irons :

De Paris à Bordeaux en 7 h. 46 au lieu de 8 h. 43.
De Paris à Marseille en 11 h. 39 au lieu de 13 h.
De Paris à Nancy en 5 h. au lieu de 5 h. 34.
De Bordeaux à Cette en 6 h. 47 au lieu de 7 h. 37.
De Paris au Havre en 2 h. 54 au lieu de 3 h. 30.

Il faut bien remarquer que ces résultats seraient obtenus avec la vitesse du train de Paris à Calais qui n'est pas, comme on l'a vu, le plus rapide de la Cie du Nord et qui parcourt un profil notablement plus difficile que celui des autres lignes (1).

Permettez-moi de vous dire maintenant quelques mots sur les instruments de la vitesse, sur les locomotives.

Il y a quarante ans, les express étaient légers et les machines à roues libres suffisaient amplement à leur traction.

Le type le plus tranché de cette catégorie est le type Crampton qui, pendant de longues années, fit preuve de qualités merveilleuses dans la traction des express sur l'Est, le Nord et le P.-L.-M.

Le Midi et l'Orléans employaient des locomotives à roues libres

(1) Voici les calculs :

Paris à Bordeaux : $\frac{60 \times 578}{82} = 453' + 27' + 2' \times 8 = 7$ h. $46'$

Paris à Marseille : $\frac{60 \times 863}{82} = 632' + 53' + 2' \times 7 = 11$ h. $39'$

Paris à Nancy : $\frac{60 \times 353}{82} = 259' + 25' + 2' \times 8 = 5$ h.

Bordeaux à Cette : $\frac{60 \times 476}{82} = 349' + 42' + 2' \times 8 = 6$ h. $47'$

Paris au Havre : $\frac{60 \times 228}{82} = 167' + 5' + 2' \times 1 = 2$ h. $54'$

et à trois essieux, l'essieu moteur étant au centre, les cylindres extérieurs et horizontaux.

C'était une variante du type à cylindres légèrement inclinés importé sur la ligne de Rouen par M. Buddicom. C'était une vraie cavalerie légère des chemins de fer.

Mais le poids des express augmentant sans cesse, les machines à roues libres manquèrent bientôt de puissance de traction et surtout d'adhérence aux démarrages.

Toutes les Compagnies françaises furent peu à peu amenées à abandonner leurs types primitifs et à accoupler deux essieux.

L'adhérence ne faisant plus défaut, la puissance fut augmentée en agrandissant le diamètre des cylindres ainsi que la course des pistons, ce qui eut pour corollaire une augmentation des dimensions et du poids des chaudières.

Quatre types très différents furent ainsi créés :

Le type Nord, connu sous le nom d'*outrance*, caractérisé par un vaste foyer venant reposer sur l'essieu d'arrière accouplé à l'essieu moteur : les cylindres sont intérieurs et placés dans l'axe du bogie qui est à l'avant ;

Le type Ouest, ayant trois essieux dont les deux d'arrière accouplés, cylindres intérieurs en porte-à-faux sur l'avant, essieu moteur Martin, foyer de dimension restreinte en porte-à-faux à l'arrière ;

Types Est et Midi à trois essieux ; l'essieu porteur est à l'avant ; les cylindres extérieurs sont placés au milieu des longerons, la bielle motrice attaquant l'essieu d'arrière ce qui, à première vue, donne à ces machines une certaine analogie avec les Crampton ;

Types Orléans et P.-L.-M. à quatre essieux, dont deux porteurs, un à l'avant, l'autre à l'arrière encadrant les essieux moteurs. Les cylindres sont extérieurs en porte-à-faux à l'avant du premier essieu.

Chacun de ces types avaient des qualités différentes et des partisans convaincus, lorsqu'en 1889, la Compagnie de P.-L.-M. prit l'initiative d'étudier sérieusement les conditions de stabilité des locomotives françaises à grande vitesse.

Les expériences eurent lieu du 30 mars au 2 avril 1889, entre Montereau et Sens, sur un parcours d'environ 34 *km*.

La voie avait été revisée et consolidée spécialement sur une dizaine de kilomètres ; le reste, soit 24 kilomètres, avait été laissé en état ordinaire d'entretien. Les Compagnies françaises invitées

à ce concours étaient, avec le P.-L.-M., l'Est, le Nord et l'Orléans. Ces expériences, où les machines ne remorquaient qu'une voiture de 1re classe mise à la disposition d'Ingénieurs des Compagnies et du Contrôle, consistaient à lancer chaque machine à la plus grande vitesse possible, en notant l'allure de chacune d'elles et le temps employé à parcourir l'intervalle entre les poteaux kilométriques.

Les locomotives ainsi essayées ont réalisé des vitesses de 120 à 129 *km* à l'heure.

Sur les 10 *km* de voie spécialement revisée et consolidée toutes les machines se sont bien comportées. Mais sur les parties laissées en état d'entretien ordinaire, il n'en fut pas de même : les machines de P.-L.-M. et d'Orléans se trouvèrent sensibles aux défectuosités de la voie, tandis que les machines du Nord et de l'Est maintinrent leur allure sans qu'à aucun moment l'on pût craindre que leurs mouvements dussent avoir une influence fâcheuse sur la voie. D'ailleurs, MM. les Ingénieurs de P.-L.-M. ne trouvèrent aucune trace de mouvements de la voie après le passage des machines du Nord et de l'Est, tandis que de légères déformations furent constatées après le passage des locomotives de P.-L.-M. et d'Orléans.

Si on examine les quatre types de machines *(voir Pl. 153)* qui ont servi aux expériences, on reconnaît de suite une grande similitude entre les machines de P.-L.-M. et d'Orléans et il est facile d'expliquer les causes d'infériorité de ces machines au point de vue de la stabilité aux grandes vitesses. Ces deux machines présentent en avant du premier essieu une masse considérable en porte-à-faux, celle des cylindres où s'élabore le travail de la propulsion et le mouvement de va-et-vient des pistons, mouvement alternatif qui amène des perturbations dans l'allure de ces machines et tend à leur faire prendre une certaine obliquité par rapport à la voie. De plus, quand la grosse tête de la bielle motrice est en bas, il existe un moment où la pression de la vapeur sur le piston tend à décharger l'essieu d'avant.

La machine de l'Est ne présente aucune masse en porte-à-faux sur l'avant : car les cylindres sont placés en arrière du premier essieu et très près du centre de gravité, de telle sorte que les mouvements perturbateurs ne peuvent être qu'insensibles, comparés à ceux des machines de P.-L.-M. et d'Orléans.

La machine du Nord porte ses cylindres à l'intérieur des longerons et comme les axes de ces cylindres sont très rapprochés,

les déplacements produits par l'alternance des mouvements sont très peu sensibles. En outre, la machine du Nord est munie d'un bogie, ce qui lui donne une grande souplesse dans l'allure. Le bogie consolide la voie en la chargeant d'un poids qui empêche le ripement des traverses sur le ballast : la voie est de ce fait consolidée au moment où elle doit résister aux chocs éventuels du premier essieu moteur rigide.

La conclusion de ces expériences extrêmement intéressantes a donc été la condamnation du type de locomotive ayant les cylindres extérieurs en porte-à-faux à l'avant du premier essieu, type qui donne, aux très grandes vitesses, une sécurité moindre. (Voir sur ce sujet les « observations sur les trains à marche rapide » de M. Worms de Romilly, Ingénieur en chef du Contrôle.)

L'année suivante, en 1890, la Compagnie de P.-L.-M. entreprit de nouvelles expériences, non seulement dans le but de constater l'allure des machines à très grande vitesse, mais aussi dans celui de remorquer des trains lourds dont le poids variait de 250 à 300 *t.*

Les machines des quatre types que nous venons d'examiner aux essais de 1889 revinrent prendre part à ce concours et avec elles une machine du Midi, une machine de l'État, une Crampton Est munie de chaudière Flaman, une machine de l'Ouest du nouveau type à bogie de cette Compagnie, enfin une machine de l'Orléans à cylindres intérieurs aux longerons.

Dans ces nouveaux essais, la vitesse maxima fut réalisée par la Crampton de l'Est à chaudière Flaman, qui atteignit très facilement 144 kilomètres à l'heure et dont l'allure particulièrement stable fut très remarquée.

La nouvelle locomotive à bogie de l'Ouest se distingua par une douceur remarquable dans son allure, notamment à l'entrée en courbe.

La locomotive du Midi réalisa une vitesse de 138 *km* à l'heure.

Quant aux essais à charge, ils consistaient à remorquer un train de 250 *tx* environ, à une vitesse moyenne de 70 *km* à l'heure, entre Paris et Laroche et retour.

La machine du Nord a gagné 11 minutes à l'aller et 10 au retour avec un train de 250 *t.*

Celle de l'Ouest a gagné 9 minutes à l'aller et 11 au retour avec la même charge.

Les locomotives de P.-L.-M. et d'Orléans remorquant un train de 294 *t,* ont réalisé la vitesse prescrite malgré un vent violent, le

dynamomètre accusant à la barre d'attelage un effort de 1 900 à 2 500 *kg* correspondant à un travail de 6 à 700 *ch*.

Les autres types de machines, notablement plus faibles, ont plus ou moins maintenu l'horaire avec la charge de 240 *t* qui dépassait manifestement la limite qu'elles peuvent remorquer en service régulier.

Depuis ces expériences, de nouveaux types de machines ont été créés. Le Nord et le P.-L.-M emploient des locomotives compound à quatre cylindres avec bogie à l'avant et chaudières munies de tubes Serve ; la machine P.-L.-M. a un coupe-vent. Ces machines, extrêmement puissantes, sont parfaites au point de vue de la souplesse et de la stabilité. On a vu quels accroissements considérables de vitesse elles ont permis de réaliser sur le Nord et le P.-L.-M., même avec des trains très lourds, beaucoup trop lourds à mon avis.

Les Compagnies du Midi et de l'Ouest viennent également de mettre en service des locomotives compound peu différentes de celles qui donnent sur le Nord et le P.-L.-M. de si brillants résultats.

La Compagnie de l'Est a cherché la solution du problème de la traction à grande vitesse d'une façon différente. Conservant des cylindres de diamètres égaux, elle applique à ses machines la chaudière Flaman, à grand volume d'eau. La surface de chauffe est de 180 m^2. Le foyer a 13,6 m^2 de surface de chauffe. Le diamètre des cylindres est de 0,50 *m* et la course des pistons de 0,66 *m* ; ces machines ont une énorme puissance de vaporisation et arrivent à produire un effort de traction de 6160 *kg* à la jante des roues motrices. Pour ne pas fatiguer la voie malgré leur poids considérable, elles sont munies d'un bogie et leur allure est très douce et très stable.

La Compagnie d'Orléans s'en tient à son type de 1889 à quatre essieux avec cylindres égaux intérieurs aux longerons ; elle n'emploie pas le bogie.

Mais revenons aux vitesses de nos express, vitesses variant de 85 *km* à l'heure pour le Nord à 67 *km* à l'heure pour l'Ouest.

Ces vitesses moyennes de pleine marche que nous avons observées supposent évidemment des vitesses réelles de marche bien plus élevées.

Voici les vitesses maxima autorisées en service courant par nos Compagnies, d'accord avec le Contrôle :

Nord : 120 *km* à l'heure.

Est et Orléans : moitié en plus de la vitesse du type du train, soit au maximum en ce moment : 112,5 *km* à l'heure.

Midi et P.-L.-M. : 100 *km* à l'heure.

Ouest : 90 *km* à l'heure.

Ces vitesses réelles de marche sont quotidiennement atteintes sur nos lignes françaises.

La vitesse de 120 *km* à l'heure a été autorisée par le Décret ministériel du 30 juillet 1853 et elle a été réalisée, depuis cette époque, *à la descente des pentes,* par les machines Crampton si bien taillées pour la course : c'est donc à l'augmentation de vitesse *sur les paliers et à la montée des rampes* que sont dues les accélérations que nous avons observées.

Mais, au point de vue exclusif de la vitesse réelle, il y a quarante-deux ans qu'on marche en France à raison de 120 *km* à l'heure : *jamais* aucun accident imputable à cette vitesse ne s'est produit.

L'expérience est assez longue pour être concluante.

C'est pourquoi notre ancien Président, M. du Bousquet, dans son discours du 5 janvier 1893, nous disait ceci :

« Ce qui fait qu'on ne marche pas partout, sur nos voies ferrées, à raison de 120 *km* à l'heure, **ce n'est pas une question de sécurité, c'est une question de puissance**; la locomotive n'est pas assez forte pour remorquer à 120 *km* à l'heure, ailleurs que sur les pentes, les charges qu'on lui donne à trainer. »

Ainsi donc, le jour où l'on construirait une locomotive assez puissante pour remorquer à 120 *km* à l'heure sur les rampes et les paliers nos lourds express, ou même dès aujourd'hui, si l'on établissait des express légers à nombre de places limité, aucune question de sécurité n'empêcherait de réaliser cette vitesse en service courant sur nos voies actuelles telles qu'elles sont; car, il serait absurde de prétendre qu'il est plus dangereux de faire 120 *km* à l'heure sur un palier ou en montant une rampe qu'en descendant une pente, et je le répète, une expérience quotidienne prouve, depuis quarante-deux ans, que cette vitesse est compatible avec une sécurité absolue.

Une remarque intéressante à faire, c'est qu'en 1853 et dans les années suivantes, la vitesse de 120 *km* à l'heure était réalisée sur des voies construites avec des rails en fer, d'un poids de 30 *kg*

par mètre, ayant 6 *m* de long et des joints défectueux : ces rails étaient supportés par des traverses mal équarries, posées sur un ballast médiocre.

Aujourd'hui, les rails sont en acier, ils ont 12 *m* de longueur et pèsent 45 *kg* par mètre; les joints, établis en porte-à-faux réduit, sont solidement éclissés; les traverses sont plus rapprochées; elles sont d'un équarrissage plus grand, présentant une surface plus considérable en contact avec un ballast mieux établi.

Il n'existait, il y a quarante ans, ni block system, ni verrouillage des aiguilles, ni enclenchement des aiguilles avec les signaux à distance, ni freins continus.

Les locomotives présentaient moins de base d'appui sur la voie, moins de souplesse aussi que nos locomotives actuelles *(voir Pl. 153)*, et le matériel roulant, ayant un faible écartement d'essieux, avait une stabilité bien moindre qu'aujourd'hui.

Néanmoins, nous avons conservé la limite maxima de vitesse, 120 *km* à l'heure, fixée par le décret du 30 juillet 1853.

En présence de ce qui existait en 1853 et de ce qui existe en 1895, il est impossible de ne pas reconnaître que les conditions de sécurité aux grandes vitesses ont considérablement augmenté et de ne pas trouver que la limite de vitesse de 120 *km*, admise en 1853, est bien faible en 1895.

Nos pères étaient peut-être hardis, nous sommes certainement pusillanimes.

Si je viens de parler de la voie et des signaux, c'est que pour faire avec régularité un service à grande vitesse, il ne suffit pas que la traction soit assurée par d'excellentes locomotives conduites par un personnel habile et entraîné. Il faut aussi que le service de la voie laisse aux express qui courent sur ses rails une grande liberté d'allure, sans jalonner la ligne de signaux de ralentissement ou de poteaux limites de vitesse; il faut qu'il verrouille ses aiguilles de bifurcations et les enclenche avec des signaux d'une visibilité parfaite.

C'est grâce à de telles dispositions rationnellement établies que des points considérés il y a peu de temps encore comme dangereux deviennent précisément les plus sûrs de la ligne. C'est là une manière de garantir la sécurité des transports, sans gêner la marche des trains, autrement efficace que les ralentissements et même les arrêts complets qu'on est trop habitué à imposer en France.

C'est ce qui existe depuis déjà longtemps en Angleterre, où les aiguilles des bifurcations sont franchies à régulateur ouvert.

Je ne vois pas, pour ma part, pourquoi ces dispositions indispensables aux grandes vitesses et offrant une sécurité absolue (l'expérience et la statistique le prouvent) ne soient pas également possibles des deux côtés de la Manche. Je dois reconnaître que certaines Compagnies françaises ont commencé à les appliquer ; espérons qu'elles seront bientôt généralisées.

Il est enfin indispensable que le service de l'exploitation ne surcharge pas, comme il le fait trop souvent, les trains rapides d'une façon déraisonnable.

Pour conclure, je dirai que la vitesse des express est par-dessus tout l'œuvre des Ingénieurs de la traction, mais elle ne peut pas être leur œuvre exclusive, et pour la mener à bien, il est indispensable qu'ils soient secondés par leurs Collègues de la Voie et de l'Exploitation.

La vitesse des express est une résultante de la Traction, de la Voie, de l'Exploitation ; elle résume donc les progrès faits par ces trois services et elle permet ainsi d'apprécier assez exactement la valeur des efforts effectués par l'ensemble de chaque administration pour satisfaire les besoins du public.

CHEMIN

Horaire du train l

D

DISTANCES	STATIONS		1854	1855	1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863
km												
	Paris.	départ.	8 15	7 30	7 »	7 »	7 »	7 »	7 »	8 30	8 30	
	Lagny.		8 44	»	»	»	»	»	»	»	»	»
45	Meaux.	arr.	9 2	8 11	7 41	7 41	7 44	7 44	7 45	9 15	9 15	
		dép.	9 7	8 15	7 45	7 43	7 48	7 48	7 50	9 20	9 20	
66	La Ferté-s.-J.	arr.	9 29	8 36	8 6	8 6	8 9	8 10	8 12	9 42	9 42	
		dép.	9 31	8 38	8 8	8 8	8 11	8 12	8 14	9 44	9 44	
95	Château-Thierry	arr.	10 »	9 6	8 36	8 36	8 39	8 39	8 43	10 13	10 13	
		dép.	10 15	9 11	8 41	8 41	8 44	8 44	8 48	10 18	10 18	
142	Épernay	arr.	10 59	9 54	9 24	9 24	9 27	9 27	9 32	11 2	11 2	
		dép.	11 4	10 9	9 44	9 44	9 47	9 47	9 52	11 25	11 25	
173	Châlons	arr.	11 37	10 43	10 18	10 18	10 19	10 19	10 25	11 57	11 57	
		dép.	11 42	10 48	10 23	10 23	10 24	10 24	10 30	12 3	12 3	
205	Vitry.		12 14	11 19	10 54	10 54	10 57	10 57	11 4	12 37	12 37	
	Blesme.	arr.	12 28	11 32	11 7	11 7	11 10	11 10	11 17	12 50	12 50	
		dép.	12 30	11 34	11 9	11 9	11 15	11 15	11 25	12 58	12 58	
254	Bar-le-Duc	arr.	1 6	12 11	11 44	11 44	11 50	11 50	12 1	1 24	1 34	
		dép.	1 10	12 16	11 48	11 48	11 54	11 54	12 6	1 39	1 39	
	Nançois		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Lérouville		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
295	Commercy.		2 »	1 11	12 43	12 43	12 49	12 49	12 57	2 27	2 27	
	Pagny.		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
320	Toul.		2 29	»	»	»	»	1 16	1 24	2 54	2 54	
345	Frouard	arr.	2 56	1 57	1 29	1 29	1 38	1 43	1 51	3 21	3 21	
		dép.	3 1	2 2	1 34	1 34	1 43	1 48	1 59	3 28	3 28	
353	Nancy.	arrivée.	3 12	2 12	1 44	1 44	1 53	1 58	2 9	3 38	3 38	
Vitesse commerciale en km. à l'heure.			51	52	52	52	51	51	49	49	49	50
Vitesse moyenne de pleine marche en km. à l'heure .			62	64	64	64	63	63	62	63	63	64

DE L'EST

e de Paris à Nancy

5.)

23	De 1874 à 1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882 et 1883	1884	1885	1886	1887 et 1888	1889	1890	1891	1892 et 1893	1894	1895
25		9 20	9 20	9 13	9 15	9 20		9 20	9 20	9 45		8 10	8 10	8 10		8 10	8 10
		»	»	»	»	»		»	»	»		»	»	»		»	»
11		»	»	»	»	»		»	»	»		»	»	»		»	»
16		»	»	»	»	»		»	»	»		»	»	»		»	»
20		10 21	10 21	10 16	10 16	10 21		10 21	10 21	10 46		»	»	»		»	»
24		10 25	10 25	10 20	10 20	10 25		10 25	10 25	10 50		»	»	»		»	»
4		»	»	»	»	»		»	»	»		9 26	9 26	9 26		9 26	9 25
15		»	»	»	»	»		»	»	»		9 29	9 29	9 29		9 29	9 29
24		11 31	11 31	11 26	11 26	11 28		11 27	11 27	11 53		10 6	10 6	10 6		10 6	10 6
33		11 51	11 51	11 51	11 51	11 53		11 53	11 53	12 18		10 9	10 9	10 9		10 9	10 9
37		12 25	12 25	12 25	12 25	12 27		12 27	12 27	12 47		10 34	10 34	10 34		10 34	10 34
3		12 30	12 30	12 30	12 30	12 32		12 32	12 32	12 53		10 40	10 40	10 40		10 40	10 40
37		»	»	»	»	»		»	»	»		11 11	11 11	11 11		11 11	11 11
51		1 14	1 14	1 14	1 14	1 14		1 14	1 14	1 35		11 23	11 23	11 23		»	»
57		1 18	1 18	1 18	1 18	1 18		1 19	1 19	1 39		11 25	11 25	11 25		»	»
36		1 54	1 54	1 54	1 54	1 54		1 55	1 55	2 13		11 57	11 57	11 57		11 54	11 53
42		1 59	1 59	1 59	1 59	1 59		2 »	2 »	2 18		12 03	12 1	12 1		11 58	11 57
56		»	»	»	»	»		»	»	»		12 16	12 14	»		»	»
		»	»	»	»	»		»	»	»		12 44	12 42	12 40		»	»
36		»	»	»	»	»		»	»	»		12 50	12 48	12 46		12 42	12 41
73		»	»	»	»	»		»	»	»		»	»	»		»	»
10		3 11	3 11	3 11	3 11	3 11		3 9	3 9	3 26		1 14	1 12	1 10		1 7	1 7
35		3 37	3 37	3 37	3 37	3 37		3 35	3 35	3 49		1 37	1 35	1 33		1 30	1 31
42		3 41	3 41	3 41	3 41	3 41		3 38	3 38	3 52		1 40	1 38	1 37		1 33	1 34
53		3 52	3 52	3 52	3 52	3 52		3 49	3 49	4 3		1 50	1 48	1 47		1 44	1 44
17	47	54	54	53	53	54	54	54	54	56	56	62	63	63	63	63	63
11	61	64	64	64	64	65	65	65	65	67	67	74	74	73	73	72	72

CHEMIN

Horaire du train le p

De 1

DISTANCES	STATIONS		De 1854 à 1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863	1864
km											
	Bordeaux	départ.	»	11 10	11 10	10 45	10 30	9 15	9 15	8 30	7 45
19	Beautiran		»	»	11 33	11 8	10 53	9 38	9 39	8 56	8 [illegible]
	Cérons		»	11 51	11 51	11 24	11 9	9 53	9 56	9 15	8 [illegible]
42	Langon		»	12 13	12 13	11 45	11 30	10 12	10 16	9 34	8 43
61	La Réole		»	12 38	12 38	12 9	11 54	10 36	10 42	9 57	9 9
79	Marmande	arr.	»	12 58	12 38	12 29	12 14	10 55	11 1	10 18	9 [illegible]
		dép.	»	1 2	1 2	12 39	12 24	11 5	11 11	10 23	9 37
96	Tonneins		»	1 28	1 28	1 »	12 45	11 28	11 38	10 44	9 5[illegible]
	Aiguillon		»	»	»	»	»	»	»	»	10 14
116	Port-Sainte-Marie		»	1 57	1 57	1 31	1 16	11 56	12 6	11 12	10 27
136	Agen	arr.	»	2 27	2 27	1 59	1 44	12 20	12 30	11 25	10 50
		dép.	»	2 37	2 37	2 9	1 54	12 28	12 40	[illegible]	11 1[illegible]
162	Valence d'Agen		»	3 8	3 8	2 40	2 25	1 »	1 15	12 33	11 49
	Moissac		»	3 38	3 38	3 12	2 57	1 27	1 44	12 59	12 11
187	Castelsarrasin		»	3 52	3 52	3 27	3 12	1 43	2 »	1 13	12 2[illegible]
206	Montauban	arr.	»	4 19	4 19	3 50	3 35	2 3	2 20	1 33	12 4[illegible]
		dép.	»	4 29	4 29	4 »	3 45	2 13	2 30	1 37	12 5[illegible]
	Grisolles		»	5 1	5 1	4 29	4 14	2 42	2 59	»	»
257	Toulouse	arr.	»	5 30	5 30	5 3	4 48	3 20	3 37	2 35	1 50
		dép.	»	6 10	6 »	5 33	5 18	3 45	4 2	2 50	2 5
290	Villefranche		»	6 54	6 43	6 14	5 59	4 30	4 48	3 29	2 44
312	Castelnaudary	arr.	»	7 20	7 10	6 40	6 25	4 52	5 12	3 52	3 7
		dép.	»	7 28	7 20	6 45	6 30	4 56	5 18	3 57	3 12
328	Bram		»	7 50	7 42	7 4	6 49	5 16	5 38	»	»
348	Carcassonne	arr.	»	8 17	8 12	7 34	7 15	5 38	6 »	4 40	3 55
		dép.	»	8 27	8 22	7 41	7 25	5 48	6 10	4 45	4 »
365	Capendu		»	8 51	8 47	8 9	7 54	6 9	6 32	»	»
384	Lézignan		»	9 15	9 9	8 33	8 16	6 31	6 54	5 30	4 45
407	Narbonne	arr.	»	9 45	9 38	8 59	8 44	7 »	7 23	5 59	5 12
		dép.	»	9 55	9 48	9 4	8 52	7 5	7 28	6 24	5 2[illegible]
432	Béziers	arr.	»	10 26	10 16	9 35	9 22	7 32	8 »	6 34	5 5[illegible]
		dép.	»	10 36	10 21	9 40	9 27	7 34	8 5	6 39	5 55
	Agde		»	11 10	10 50	10 10	10 11	8 5	8 34	7 28	6 2[illegible]
476	Cette	arrivée.	»	11 45	11 25	10 45	10 52	8 42	9 5	8 3	7 [illegible]
Vitesse commerciale en km. à l'heure			»	38	39	40	39	43	40	41	42
Vitesse moyenne de pleine marche en km. à l'heure.			»	49	49	50	51	53	51	53	53

R DU MIDI

lde de Bordeaux à Cette

895.)

1867	De 1868 à 1875	1876	1877	1878	De 1879 à 1881	De 1882 à 1885	1886	De 1887 à 1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895
6 15		7 40	6 50	6 50			7 »		7 20		7 20		7 18	
6 35		»	»	»			»		»		»		»	
6 49		»	»	»			»		»		»		»	
9 4		»	»	»			»		»		»		»	
9 37		»	»	»			»		»		»		»	
9 46		8 34	8 »	8 »			8 10		8 22		8 22		8 21	
9 50		8 55	8 4	8 4			8 13		8 25		8 25		8 25	
10 9		»	»	»			»		»		»		»	
10 22		»	»	»			»		»		»		»	
10 33		»	»	»			»		8 58		8 58		»	
10 55		9 49	8 56	8 56			9 4		9 16		9 13		9 13	
11 20		9 54	9 1	9 1			9 9		9 21		9 18		9 18	
11 52		»	»	»			»		»		»		»	
12 15		»	»	»			»		»		»		»	
12 25		»	»	»			»		»		»		»	
12 45		11 1	10 8	10 8			10 14		10 19		10 16		10 15	
12 49		11 6	10 12	10 12			10 18		10 23		10 23		10 20	
1 14		»	»	»			»		»		»		»	
1 45		11 55	11 1	11 1			11 6		11 10		11 10		11 7	
2 »		12 5	11 11	11 11			11.16		11 19		11 19		11 17	
2 36		»	»	»			»		»		»		»	
2 56		12 57	12 2	12 2			12 6		12 9		12 9		12 7	
3 3		12 59	12 4	12 4			12 8		12 11		12 11		12 9	
3 20		»	»	»			»		»		»		»	
3 41		1 33	12 38	12 38			12 40		12 42		12 42		12 40	
3 45		1 38	12 43	12 43			12 45		12 46		12 46		12 44	
4 4		»	»	»			»		»		»		»	
4 25		»	»	»			»		»		»		»	
4 36		2 32	1 38	1 38			1 36		1 37		1 37		1 36	
Ne dépasse pas Narbonne.		2 41	1 42	1 42			1 46		1 45		1 45		1 44	
		3 7	2 7	2 7			2 10		2 8		2 8		2 7	
		3 10	2 10	2 10			2 12		2 12		2 12		2 11	
		»	»	»			»		»		»		»	
		4 »	2 55	2 55			2 55		2 55		2 55		2 55	
47	47	57	59	59	59	59	60	60	63	63	63	63	62	62
61	61	65	66	66	66	67	68	68	72	72	72	72	72	72

Pas de changement.

CHEMIN

Horaire du train le p

(De 1

DISTANCES	STATIONS		1854	1855	1856	De 1857 à 1859	1860	1861	
km								par Chantilly	
	Paris (par Pontoise). . .	départ.	7 30		7 30		»	7 »	Distances
67	Creil	arr.	8 38		8 39		»	7 49	51
		dép.	8 43		8 44		»	7 52	
142	Longueau (Amiens) . . .	arr.	9 55		9 58		»	9 »	126
		dép.	10 »		10 3		»	9 10	
208	Arras.	arr.	11 2		11 22		»	10 11	192
		dép.	11 4		11 26		»	10 13	
232	Douai.	arr.	11 29		11 52		»	10 40	216
		dép.	11 35		11 55		»	10 44	
266	Lille (bifurcation)	arr.	12 8		12 35		»	11 15	250
		dép.	12 15		12 42		»	11 23	
	Hazebrouck.	arr.	12 55		1 22		»	12 5	
		dép.	1 »		1 27		»	12 9	
	Saint-Omer.		1 22		1 48		»	»	
374	Calais	arrivée.	2 10		2 30		»	1 10	358
Vitesse commerciale en km. à l'heure.			56	56	53	53	55	58	
Vitesse moyenne de pleine marche en km. à l'heure. .			63	63	61	61	62	66	

Pas de changement.

Pas de changement.

DISTANCES	STATIONS		1867	De 1868 à 1871	1872	1873 et 1874	1875	1876
km	Paris.	départ.	7 40		7 35		7 35	7 35
91	Creil.	arr.	8 30		8 29		8 27	8 27
		dép.	8 33		8 33		8 32	8 32
131	Amiens.	arr.	9 50		9 50		9 50	9 50
		dép.	10 »		10 5		10 2	10 2
	Longpré		»		10 35		»	»
176	Abbeville.	arr.	10 44		10 52		10 48	10 44
		dép.	10 46		10 54		10 51	10 47
	Noyelles		11 4		»		11 7	11 3
	Montreuil-Verton		11 32		11 36		11 36	11 32
253	Boulogne	arr.	12 10		12 15		12 15	12 12
		dép.	12 15		12 26		12 20	12 20
297	Calais ancienne gare	arrivée.	1 10		1 10		1 10	1 10
295	Calais nouvelle gare	arrivée.	»		»		»	
Vitesse commerciale en kilomètres à l'heure . .			54	54	53	53	53	53
Vitesse moyenne de pleine marche en km à l'heure.			60	60	62	62	60	61

Pas de changement.

Pas de changement.

? DU NORD

le de Paris à Calais

95.)

DISTANCES	STATIONS		1862	1863	1864	1865	1866
km	Paris (par Chantilly).	départ.	7 20	Pas de changement.	Pas de changement.	Pas de changement.	Pas de changement.
	Creil	arr.	8 11				
		dép.	8 14				
126	Longueau.	arr.	9 24				
		dép.	9 34				
192	Arras.	arr.	10 33				
		dép.	10 40				
231	Béthune	arr.	11 21				
		dép.	11 23				
265	Hazebrouck.	arr.	12 »				
		dép.	12 4				
	Saint-Omer.		12 27				
326	Calais	arrivée.	1 10				
Vitesse commerciale en kilomètres à l'heure . . .			57	57	57	57	57
Vitesse moyenne de pleine marche en km. à l'heure.			63	63	63	63	63

1862	1863	1864	1865	1866 et 1867	1868	1869	1870	De 1891 à 1893	1894	1895
9 40	Pas de changement.	9 40	11 »	Pas de changement.	11 15	11 30	11 30	Pas de changement.	11 50	11 50
10 29		»	»		»	»	»		»	»
10 31		»	»		»	»	»		»	»
11 45		11 42	12 55		1 10	1 20	1 13		1 26	1 25
12 3		12 2	1 »		1 15	1 25	1 18		1 31	1 30
»		»	»		»	»	»		»	»
»		»	»		»	»	»		»	»
»		»	»		»	»	»		»	»
»		»	»		»	»	»		»	»
»		»	»		»	»	»		»	»
1 52		1 51	2 45		»	»	»		»	»
3 1		1 55	2 50		»	»	»		»	»
2 52		2 41	3 32		3 31	»	»		»	»
»		»	»		»	3 44	3 31		3 36	3 33
57	57	60	66	66	69	69	74	74	78	79
65	65	65	69	69	72	72	76	76	81	82

CHEMIN D

Horaire du train le pl

(De 1

DISTANCES	STATIONS		1854	1855	1856	1857	De 1858 à 1860	De 1861 à 1863	1864	186
km	Paris	départ.	9 5	8 10	7 20	9 10			8 15	
	Juvisy		»	»	7 53	9 33			»	
	Saint-Michel		»	8 44	»	»			»	
56	Étampes	arr.	10 9	9 16	8 35	10 15			9 15	
		dép.	10 13	9 19	8 37	10 17			9 17	
	Toury		10 57	10 1	9 19	10 59			»	
119	Les Aubrais (Orléans)	arr.	11 34	10 33	9 51	11 31			10 22	
		dép.	11 42	10 56	9 56	11 56			10 27	
	Beaugency		»	11 27	10 27	12 28			»	
178	Blois	arr.	12 47	12 1	11 1	1 2			11 21	
		dép.	12 52	12 6	11 6	1 7			11 26	
	Amboise		1 32	12 42	11 42	1 43			»	
231	Saint-Pierre (Tours)	arr.	2 3	1 12	12 12	2 14			12 17	
		dép.	2 20	1 27	12 40	2 28			12 27	
	Sainte-Maure		3 6	2 3	1 16	3 5			1 9	
	Les Ormes		3 29	2 24	1 37	3 26			»	
299	Châtellerault	arr.	»	»	»	»			»	
		dép.	3 56	2 47	2 »	3 49			1 42	
332	Poitiers	arr.	4 40	3 24	2 37	4 25			2 14	
		dép.	5 »	3 32	2 52	4 40			2 21	
	Vivonne		5 26	3 55	3 15	5 3			»	
	Civray		6 8	4 31	3 51	5 39			3 10	
398	Ruffec	arr.	6 27	4 48	4 8	5 56			3 27	
		dép	6 29	4 51	4 10	5 58			3 21	
	Luxé		»	5 13	4 32	6 20			3 49	
454	Angoulême	arr.	7 25	5 45	5 3	6 51			4 15	
		dép.	7 45	6 10	5 18	7 21			4 25	
	Montmoreau		8 29	6 48	5 56	7 59			5 4	
	Chalais		8 54	7 10	6 17	8 20			5 25	
	La Roche-Ch		9 15	7 28	6 35	8 38			»	
527	Coutras	arr.	»	7 47	6 53	8 57			5 36	
		dép.	»	7 48	6 55	9 1			6 »	
543	Libourne	arr.	9 55	8 8	7 15	9 21			6 19	
		dép.	10 »	8 11	7 18	9 25			6 23	
	La Grave-d'Ambarès		»	»	»	»			»	
578	Bordeaux		10 50	8 53	8 »	10 7			7 5	
Vitesse commerciale en km. à l'heure			42	45	48	45	45	50	54	5
Vitesse moyenne de pleine marche en km. à l'heure			49	56	57	56	56	59	62	6

Pas de changement.

Pas de changement.

? D'ORLÉANS

de de Paris à Bordeaux

)5.)

	1867	De 1868 à 1875	1876	1877 et 1878	1879	De 1880 à 1889	1890	1891	1892 et 1893	1894	1895
3	8 15		8 45		8 43		9 15	9 15		9 15	9 15
	»		»		»		»	»		»	»
	»		»		»		»	»		»	»
4	9 14		9 34		9 24		»	»		»	»
7	9 17		9 36		9 26		»	»		»	»
	»		»		»		»	»		»	»
11	10 22		10 31		10 30		10 35	10 36		10 35	10 35
11	10 27		10 51		10 35		11 »	11 1		11 2	11 1
	»		»		»		»	»		»	»
11	11 24		11 39		11 43		11 48	11 49		11 50	11 49
11	11 28		11 41		11 45		11 50	11 51		11 52	11 51
	»		»		»		»	»		»	»
11	12 17		12 25		12 29		12 34	12 35		12 36	12 36
11	12 27		12 30		12 34		12 40	12 40		12 41	12 41
9	1 9		»		»		»	»		»	»
	»		»		»		»	»		»	»
	»		1 29		1 32		1 39	1 39		1 40	1 40
11	1 42		1 31		1 34		1 41	1 41		1 42	1 42
11	2 14		2 1		2 4		2 11	2 11		2 12	2 12
11	2 21		2 6		2 9		2 17	2 16		2 17	2 17
	»		»		»		»	»		»	»
11	3 10		»		»		»	»		»	»
11	3 27		3 4		3 6		»	»		»	»
11	3 31		3 6		3 8		»	»		»	»
11	3 49		»		»		»	»		»	»
11	4 18		3 46		3 48		3 52	3 51		3 52	3 52
11	4 28		3 51		3 53		3 58	3 56		3 57	3 57
4	5 4		»		»		»	»		»	»
5	5 25		»		»		»	»		»	»
	»		»		»		»	»		»	»
11	5 36		5 1		5 2		5 7	5 5		5 6	5 6
11	6 »		5 3		5 4		5 9	5 7		5 7	5 7
11	6 19		5 19		5 20		5 25	5 26		5 26	5 26
11	6 22		5 21		5 22		5 27	5 27		5 27	5 27
3	»		»		»		»	»		»	»
11	7 16		5 55		5 52		5 57	5 57		5 57	5 58
	54	54	63	63	63	63	66	66	66	66	66
	62	62	72	72	73	73	73	73	73	73	72

Pas de changement. | Pas de changement. | Pas de changement. | Pas de changement.

CHEMIN DE

Horaire du train le

(De

DISTANCES	STATIONS		1854	1855	1856	1857	1858	1859	1860
km									
	Paris	départ.	1 »		1 »	1 »	1 »	1 »	1 »
	Maisons		»		1 18	»	»	»	»
41	Meulan		»		1 43	1 46	»	»	
80	Vernon	arr.	2 16		2 22	2 28	2 22	2 25	2 22
		dép.	2 20		2 25	2 32	2 25	2 28	2 25
140	Rouen	arr.	3 22		3 30	3 35	3 25	3 30	3 25
		dép.	3 32		3 42	3 50	3 50	4 »	3 32
170	Motteville		4 8		4 16	4 24	4 27	4 35	4 3
178	Yvetot		4 22		4 30	4 38	4 40	4 48	4 43
203	Beuzeville	arr.	4 47		4 55	5 4	5 6	5 14	5 9
		dép.	4 50		4 58	5 7	5 11	5 18	5 13
228	Havre	arrivée.	5 20		5 30	5 40	5 45	5 50	5 45
				Pas de changement					
Vitesse commerciale en kilomètres à l'heure.			53	53	51	49	48	47	48
Vitesse moyenne de pleine marche en km à l'heure.			60	60	59	57	58	57	58

L'OUEST

ide de Paris au Havre

895.)

1872	1873	1874	De 1875 à 1877	1878	1879	1880	1881	De 1882 à 1888	1889	1890 et 1891	1892	1893	1894	1895
12 55		12 55		1 »	1 »	1 »	1 »		1 »		1 »	1 »	7 55	7 55
»		»		»	»	»	»		»		»	»	»	»
»		»		»	»	»	»		»		»	»	»	»
2 17		2 17		2 20	2 21	2 21	2 22		2 18		2 18	2 18	»	»
2 20		2 20		2 23	2 24	2 24	2 25		2 21		2 21	2 21	»	»
3 17		3 17		3 19	4 25	3 25	3 26		3 17		3 22	3 17	9 59	10 »
3 30		3 30		3 32	3 35	3 35	3 36		3 24		3 29	3 24	10 4	10 5
4 5		4 5		4 8	4 11	4 11	4 9		»		»	»	»	»
4 18		4 18		4 21	4 25	4 25	4 22		4 4		4 9	4 4	»	»
4 44		4 44		»	»	»	»		»		»	»	»	»
4 48		4 49		»	»	»	»		»		»	»	»	»
5 20		5 16		5 16	5 18	5 14	5 10		4 54		4 59	4 54	11 25	11 25
52	52	52	52	53	53	54	55	55	58	58	57	58	65	65
59	59	61	61	61	59	60	61	61	63	63	62	63	67	67

Pas de changement.

CHEMIN D

Horaire du train le pl

(De 1

DISTANCES	STATIONS		1854	1855	1856	1857	De 1858 à 1862	1862	1863 et 1864	1865	1866 et 1867	18
km												
	Paris	dép.	»	»	8 30	11 »		7 45		7 45		
45	Melun		»	»	9 19	11 47		»		»		
59	Fontainebleau		»	»	9 42	»		»		»		
79	Montereau	arr.	»	»	10 9	12 28		9 3		9 6		
		dép.	»	»	10 14	12 31		9 10		9 12		
113	Sens		»	»	10 53	1 8		»		»		
146	Joigny		»	»	11 36	1 45		»		»		
155	Laroche	arr.	»	»	11 49	1 56		10 18		10 23		
		dép.	»	»	11 50	1 57		10 20		10 28		
197	Tonnerre	arr.	»	»	12 41	2 44		11 4		11 7		
		dép.	»	»	12 47	2 54		11 10		11 12		
243	Montbard		»	»	1 38	3 44		»		»		
265	Darcey		»	»	»	»		12 16		12 25		
279	Verrey		»	»	2 28	4 30		»		»		
315	Dijon	arr.	»	»	3 18	5 20		1 18		1 22		
		dép.	»	»	3 28	5 45		1 24		1 28		
352	Beaune		»	»	4 9	6 26		»		»		
367	Chagny		»	»	»	»		2 14		2 22		
383	Châlon-sur-Saône		»	»	4 48	7 2		»		»		
	Tournus		»	»	5 22	7 33		»		»		
440	Mâcon	arr.	»	»	6 1	8 10		2 30		3 33		
		dép.	»	»	6 8	8 14		3 36		3 38		
	Villefranche		»	»	6 49	8 54		»		»		
507	Lyon-Vaise	arr.	»	»	7 30	9 29		»		»		
		dép.	»	»	»	9 36		»		»		
512	Lyon-Perrache	arr.	»	»	»	9 50		4 50		4 50		
		dép.	»	»	8 30	10 30		5 20		5 20		
543	Vienne	arr.	»	»	9 5	11 5		5 56		5 59		
		dép.	»	»	9 10	11 10		6 1		6 1		
	Saint-Rambert		»	»	»	11 45		6 33		6 32		
	Andancette		»	»	9 51	»		»		»		
	Tain		»	»	10 18	12 20		»		»		
618	Valence	arr.	»	»	10 41	12 43		7 19		7 19		
		dép.	»	»	11 1	12 53		7 22		7 24		
	Loriol		»	»	11 27	1 20		»		»		
662	Montélimar	arr.	»	»	11 56	1 49		8 8		8 8		
		dép.	»	»	12 1	1 54		8 10		8 12		
	La Croisière		»	»	12 39	2 33		»		»		
714	Orange		»	»	1 6	2 57		9 7		9 9		
742	Avignon	arr.	»	»	1 39	3 35		9 37		9 38		
		dép.	»	»	1 44	3 40		9 38		9 41		
764	Tarascon	arr.	»	»	2 10	4 6		10 2		10 5		
		dép.	»	»	2 15	4 11		10 7		10 10		
777	Arles	arr.	»	»	2 33	4 29		10 25		10 25		
		dép.	»	»	2 38	4 39		10 28		10 31		
	Miramas		»	»	»	5 20		»		»		
	Saint-Chamas		»	»	3 23	»		»		»		
	Rognac		»	»	3 50	5 54		»		»		
863	Marseille	arrivée.	»	»	4 30	6 35		...		...		
	Vitesse commerciale en km. à l'heure		»	»	43	44	44	53	53	53	53	
	Vitesse moyenne de pleine marche en km. à l'heure		»	»	53	54	54	61	61	61	61	

Pas de changement.

ER DE P.-L.-M.

pide de Paris à Marseille

1895.)

1873	De 1874 à 1878	1879	1880	1881	1882	De 1883 à 1885	1886	De 1887 à 1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895
7 15		8 30	9 »	8 55	8 55		8 50		8 50	8 55	9 »	8 55	9 25	9 25
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
8 36		9 47	10 17	10 17	»		»		»	»	»	»	»	»
8 41		9 54	10 20	10 20	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
9 30		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
10 »		»	11 26	11 26	11 21		11 18		11 19	11 23	11 23	11 23	11 49	11 40
10 1		»	11 31	11 31	11 26		11 23		11 24	11 28	11 28	11 28	11 54	11 45
10 42		11 33	12 8	12 8	12 5		12 3		»	»	»	»	»	»
10 47		11 58	12 33	12 33	12 30		12 28		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
12 5		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
1 2		1 52	2 24	2 24	2 21		2 23		2 5	2 5	2 5	2 6	2 24	2 6
1 8		1 57	2 29	2 29	2 27		2 28		2 10	2 10	2 10	2 11	2 34	2 16
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
2 3		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
3 14		3 51	4 21	4 21	4 25		4 25		4 6	4 6	4 6	4 6	4 16	3 55
3 19		3 56	4 26	4 26	4 30		4 30		4 11	4 11	4 11	4 13	4 19	4 2
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
4 32		5 10	5 37	5 37	5 43		5 44		5 25	5 25	5 25	5 23	5 23	5 2
4 58		5 40	6 8	6 8	6 13		6 16		5 36	5 36	5 36	5 36	5 36	5 15
5 39		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
6 12		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
6 58		7 24	7 49	7 49	8 »		8 3		7 19	7 19	7 19	7 18	7 15	6 49
7 6		7 31	7 56	7 56	8 3		8 6		7 23	7 23	7 23	7 23	7 19	6 52
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
7 30		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
7 55		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
9 14		9 27	9 45	9 45	9 59		10 »		9 11	9 14	9 14	9 15	9 2	8 30
9 20		9 32	9 50	9 50	10 4		10 4		9 16	9 19	9 19	9 22	9 13	8 40
9 45		»	»	»	»		»		9 38	9 41	9 41	9 44	9 31	8 58
9 50		»	»	»	»		»		9 47	9 51	9 51	9 52	9 36	9 2
10 5		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
10 14		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
»		»	»	»	»		»		»	»	»	»	»	»
11 40		11 30	11 42	11 47	12 5		12 5		11 31	11 33	11 33	11 34	11 »	10 25
52	52	58	59	58	57	57	57	57	59	59	59	59	64	66
60	60	64	66	65	63	63	63	63	63	63	64	64	69	73

Pas de changement. Pas de changement. Pas de changement.

EMPLOI DU VERRE

DANS LES

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTRICITÉ

PAR

M. Eug. SARTIAUX

CHEF DES SERVICES ÉLECTRIQUES A LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU NORD

L'industrie électrique emploie pour la construction des appareils ou pour leur installation des matières appelées isolants : Ce nom est donné aux corps mauvais conducteurs de l'électricité et qui peuvent et doivent même s'opposer aux déperditions de l'électricité.

Les corps isolants les plus communément employés sont dans la première catégorie : le caoutchouc et la fibre vulcanisés, l'ébonite, qui n'est qu'une variante du caoutchouc vulcanisé, le mica, le bois durci, composé de sciure de bois de palissandre aggloméré avec du sang de bœuf, et encore une nouvelle matière qui tantôt s'appelle ivorine, stabilite, marbrite ou éburite qui sont des composés à base soit de caoutchouc et de plâtre, soit de matières terreuses mélangées avec de l'amiante et de la gomme laque. Dans la seconde catégorie, se classent la porcelaine, le marbre et l'ardoise.

Les matières de la première catégorie sont généralement d'un prix élevé, se travaillent difficilement, et s'altèrent assez rapidement mises en contact avec l'air extérieur, la chaleur, les vapeurs ou liquides acides et les corps gras.

Ceux de la seconde catégorie sont d'un prix plus abordable il est vrai, mais ont une faible résistance particulièrement à l'écrasement, et sont hygrométriques.

L'ardoise et le marbre manquent souvent d'homogénéité et se brisent sous la pression de l'outil à percer ou sous le serrage d'un boulon; la porcelaine au contraire ne peut se travailler et présente généralement des inégalités de formes impossibles à éviter, et qui la font rejeter par l'industrie électrique.

Je n'ai point nommé le verre parce qu'il est relativement peu

employé; cependant, grâce à son inaltérabilité, à sa mauvaise conductibilité au point de vue électrique, ou mieux à sa grande résistance spécifique, et j'ajoute pour certaines qualités de verre, à sa résistance mécanique particulièrement à l'écrasement si la recuisson est bonne, il est capable de rendre de très grands services à l'industrie électrique. J'ai toujours été convaincu, et beaucoup d'ingénieurs-électriciens partagent mon opinion, que le verre peut se substituer avantageusement dans beaucoup de cas aux matières isolantes indiquées au début de cette note.

Les isolants, particulièrement ceux de la première catégorie, sont souvent composés de matières dont les proportions ne sont pas toujours ce qu'elles devraient être; il n'est pas rare d'y rencontrer mêlés des produits aussi défectueux que nuisibles pour l'emploi auquel on les destine; la vérification ou l'analyse en est d'ailleurs difficile pour la majorité de ceux qui les emploient; enfin, leur résistance spécifique proprement dite et celle après électrisation est souvent variable : elle est dans tous les cas très inférieure à celle du verre et même du cristal. On pourrait reprocher au verre de ne pouvoir se travailler; mais je dirai tout à l'heure que des procédés perfectionnés de moulage permettent de lui donner toutes les formes désirables, y compris des trous tout percés pour le passage des vis ou des boulons; et s'il est nécessaire, des logements préparés pour le montage ou la fixation de certaines pièces, etc.

Si les électriciens avaient trouvé auprès de MM. les verriers un concours moins réservé, le verre occuperait aujourd'hui une large place dans les applications multiples de l'électricité. Je ne doute pas qu'il n'obtienne plus tard un des premiers rangs si ces industriels consentent à ajouter à leur fabrication actuelle l'article électricité, quelles que soient les formes et les dimensions réclamées.

Le verre a été utilisé depuis très longtemps, et l'est encore d'ailleurs, dans la construction des machines électro-statiques.

Vous vous rappelez, sans doute, qu'il joue dans ces appareils un double rôle de producteur d'électricité et d'isolateur.

En 1785, un physicien de Haarlem, Van Marum, fit construire pour le Muséum de Teyler, une puissante machine électro-statique qui devait surpasser la machine du physicien anglais Nairme dont les plateaux en glace n'avaient que 0,45 *m* de diamètre; ils étaient considérés comme les plus grands plateaux en verre qu'on pouvait faire à cette époque.

La machine de Van Marum était constituée par deux plateaux en verre de 1,625 *m*, et les conducteurs qui recevaient l'électricité produite par ces plateaux étaient eux-mêmes supportés par des colonnes en verre épais, de 1,52 *m* de hauteur.

Dans le compte rendu de ses expériences publié à Haarlem en 1785, le physicien Van Marum indique que les plateaux et les colonnes « ont été, écrit-il, fabriqués en France, proche de Paris », mais il ne nous dit pas le nom du verrier. — D'après mes recherches, j'ai tout lieu de croire qu'il s'agit de la verrerie fondée à Saint-Cloud par Lambert qui, le premier, fabriqua en France le cristal ou flintglas des anglais.

Il ajoute, d'ailleurs, qu'il a préféré le verre français au verre anglais, qu'il appelle bien flintglas, parce qu'on « ne pouvait obtenir avec celui-ci des plateaux de la grandeur voulue et que le verre français était excellent pour être électrisé. »

Ce même physicien, en 1786, fit préparer pour ses expériences, une batterie de deux cent vingt-cinq pieds carrés de verre (ou 11,60 *m* de superficie) formée de cent trente-cinq bouteilles faites en verre de Bohême, cette qualité de verre lui ayant paru la plus capable de résister à la force électrique de sa puissante machine.

Il n'est pas inutile de rappeler que le verre dur de Bohême, qui est probablement celui dont fit usage Van Marum, a une résistance spécifique qui est jusqu'à quinze fois moindre que le verre ordinaire à température égale.

Depuis, on a construit et on construit encore aujourd'hui pour les cabinets de physique et pour les écoles, des machines électrostatiques établies sur le même principe et bien peu différentes de celles de nos ancêtres.

Comme je vous le disais tout à l'heure, le verre joue dans ces machines le rôle de producteur d'électricité ou mieux de transmetteur d'électricité, et sert, en outre, d'isolateur pour leur collecteur. Les bouteilles de Leyde, les vases de batterie, les baguettes, les tabourets et les supports de machines se font également en verre ou mieux avec un cristal spécial et avec de la glace polie, et complètent la constitution des machines électrostatiques.

Le fameux démagogue Marat qui fut exécuté par Charlotte Corday était docteur en médecine, médecin des gardes du corps de Monseigneur le comte d'Artois, mais en même temps un physicien très considéré. Il a publié, en 1782, un ouvrage très intéressant sur l'électricité, dans lequel il rend compte d'essais nom-

breux qu'il a entrepris à l'aide d'instruments en verre dont il donne la description et l'image; ils étaient constitués avec des petits tubes en verre, des matras à long cou, des vases de diverses formes, etc. Il fait remarquer que certains phénomènes électriques sont plus sensibles avec les verres colorés qu'avec le verre commun, et il attribue cette différence aux chaux métalliques qui entraient dans la composition des premiers. Et quand il aborde la question de la perméabilité électrique des différentes qualités du verre, il traite avec beaucoup de détails leurs compositions et ce qu'il appelle « les égards qu'on doit avoir pour la cuite » et que nous appelons aujourd'hui une recuisson parfaite.

Quelques années plus tard, en 1785, Sigaud de la Fond, physicien français, a classé le verre après diverses expériences dans les corps idio-électriques, c'est-à-dire « ceux qui ont la faculté de recevoir l'électricité, mais n'ont point celle de la transmettre à d'autres corps contigus. »

C'est là l'origine de ce que l'on appelle en électricité isolement et corps isolants.

Antérieurement aux époques que je viens de rappeler, Benjamin Franklin, en 1752, et Joseph Priestley en 1761, ont l'un et l'autre indiqué dans les travaux qu'ils ont publiés sur l'électricité, l'emploi qu'ils ont fait du verre soit comme isolant, soit comme appareil de production d'électricité statique.

A notre époque, les applications du verre se sont encore développées, et il est aujourd'hui employé dans plusieurs applications intéressantes :

Je citerai sommairement :

1° Certains appareils de mesure électriques, tels que les électromètres Mascart construits par la maison Carpentier, montés sur colonnes en verre légèrement enduites d'un vernis à la gomme laque pour arrêter l'humidité de l'air qui est conducteur. Ces appareils sont, en outre, recouverts de cages en verre protectrices contre l'humidité et la poussière : on emploie, dans ce cas, un cristal spécial fabriqué par la maison Appert, à base de silice (54,20) et d'oxyde de plomb (34,60) avec 9,20 de potasse, 0,90 de soude, 0,50 de chaux et 0,50 d'alumine ;

2° Les miroirs des galvanomètres utilisés dans les laboratoires pour les lectures par réflexion selon la méthode de Poggendorf. Ces miroirs sont découpés à la façon des verres de montre dans un ballon ayant environ 1 *m* de diamètre; la composition de ce

verre qui est très dur et très peu hygrométrique, est composé de sable (65), de carbonate de soude (17), de carbonate de potasse (6), de chaux (10) et de nitrate de soude (2);

3° Les vases pour piles primaires (piles Daniel et les dérivés; pile Leclanché, etc.) faits en verre blanc et demi-blanc, obtenu avec des sables ferrugineux mêlés avec de la soude et de la potasse;

4° Les globes de divers diamètres jusqu'à 0.50 *m* en cristal soufflé, dit opaloïde, pour lampes à arc voltaïque; ces globes sont très légèrement teintés en blanc de manière à absorber le minimum de rayons lumineux. Leur composition est faite de cristal, rendu opaque au moyen de phosphate de calcium ou d'un mélange de phosphate de calcium et de fluorure de calcium.

Les tulipes de formes variées et les réflecteurs dit albatrine, spécialement fabriqués par la Compagnie des Cristalleries de Saint-Louis, pour lampes électriques à incandescence faits en cristal clair, blanc ou coloré, les colorations étant obtenues par le mélange dans les matières premières d'oxydes métalliques. L'albatrine est le produit résultant de la fonte d'une composition spéciale de cristal additionné de fluorure de calcium.

Il y a lieu de remarquer que pour les globes, la lumière de l'arc décompose probablement la matière, car il n'est pas rare de constater une décoloration très sensible du cristal après quelques mois d'usage;

5° Les poulies en verre pour arbre de machines dynamos électriques dont la jante seule est en verre et les rayons intérieurs en fer qui supportent le moyeu également en fer. Ces poulies résistent aux chocs et à toutes les pressions; elles sont d'ailleurs faites en verre très dur avec recuisson prolongée;

6° Les lentilles à échelons de Fresnel pour l'éclairage électrique des phares : le verre de Saint-Gobain est exclusivement employé à cette fabrication en France. Sa teneur est très forte en silice (72,1) et en chaux (15,7), ce qui le rend très dur et inattaquable à l'air. La soude y entre pour 12,2 0/0 ;

7° Les miroirs des projecteurs électriques pour la tactique marine, soit aplanétiques selon la formule du colonel Mangin, soit paraboliques selon la formule de Schuckert; ici encore le verre de Saint-Gobain est le seul employé pour cette fabrication.

Je citerai encore une expérience intéressante faite il y a un an à peine par un ingénieur distingué, M. Cabirau, en vue de diminuer l'usure des charbons dans les lampes à arc voltaïque et

d'obtenir une plus grande fixité de la lumière. Il y était parvenu en faisant brûler l'arc électrique dans un milieu d'oxyde de carbone produit par la combustion partielle des charbons et par l'air strictement nécessaire.

M. Cabirau faisait usage, dans ce but, d'une enveloppe cylindrique formée d'un verre très mince et très diathermane, c'est-à-dire offrant à la chaleur rayonnante un passage facile.

MM. Appert frères, qui fabriquent couramment ces verres, ont fait des essais intéressants qu'il me paraît utile de citer.

En comparant la température de ce type de verre posé dans le voisinage de foyers lumineux puissants, dégageant par conséquent une chaleur très élevée, ils ont trouvé qu'après plusieurs heures de fonctionnement de l'appareil, le verre diathermane dans lequel le fer entre à l'état de protoxyde, la température n'était que de 30° ; tandis que pour le verre athermane, dans lequel le fer est mêlé aux matières premières à l'état de sesquioxyde, la température peut atteindre dans les mêmes conditions 200° et même souvent plus de 300°.

Dans un ordre d'idées différent, je rappellerai les applications du verre faites dans l'électro-culture.

Il y a aujourd'hui une école qui prétend que l'électricité a sur la végétation une influence incontestable, soit en utilisant l'action de l'électricité atmosphérique, soit en dirigeant sur les végétaux les forces électriques produites à l'aide de machines diverses. Cette application n'est pas nouvelle ; déjà au siècle dernier, l'abbé Bertholon, l'abbé Nollet, Jallabert de Genève, et plusieurs autres physiciens français ou étrangers ont pratiqué l'arrosage électrique, et électrisaient les graines en affirmant que l'électricité accélère la germination animale et végétale ; c'est à peu près en résumé la suppression des engrais.

Aujourd'hui l'Institut agronomique de Beauvais, dirigé par le frère Paulin, a entrepris des essais et obtenu des résultats très curieux qui prouvent l'influence utile de l'électricité sur la végétation.

M. le baron Thénard a fait lui-même des expériences dans le même sens, et de part et d'autre, on fait usage de vases, de plateaux, ou encore de tubes en verre avec lesquels on électrise les graines avant de les semer, soit d'isolateurs en cristal servant à tendre des fils sillonnant le terrain en culture, et dans lesquels on fait passer un courant électrique.

J'indiquerai encore un type d'isoloirs en cristal utilisé par le

Bureau météorologique de France, sous la direction de M. Mascart, pour les conducteurs destinés à recueillir l'électricité atmosphérique ; certains condensateurs électriques dans lesquels le verre joue comme lame isolante un double rôle d'isolement et de capacité ; les plateaux en verre qui servent en Amérique à l'électrocution ; le coton ou laine de verre mis à l'essai pour remplacer l'amiante dans des piles primaires ou secondaires.

Dans un autre ordre d'idées, il faut encore indiquer l'ampoule en verre moulée ou soufflée pour les lampes à incandescence ; le verre ou le cristal dont on fait usage pour la fabrication des ampoules doit être facilement fusible et posséder un coefficient de dilatation égal à celui du platine qui supporte le filament de la lampe de manière à éviter la rentrée d'air au points de soudure ; les blocs en verre brut, dont on s'est servi à Londres pour isoler le rail central qui amène le courant aux locomotives électriques du chemin de fer de la City and South London Railway ; et enfin en Amérique, l'isolateur en verre pour conducteurs électriques : cet isolateur n'a pas trouvé jusqu'ici de partisan sur l'ancien continent, pour des considérations d'ordre technique très justes qu'il serait trop long de développer ici.

Mais le plus large emploi qui ait été fait du verre en électricité à notre époque, s'applique à des appareils appelés *accumulateurs électriques*.

Je ne m'écarterai pas de mon sujet en rappelant en quelques mots ce que c'est qu'un accumulateur électrique et comment les électriciens ont été amenés à appliquer le verre dans la constitution de cet appareil.

La pile secondaire, incorrectement appelée accumulateur d'électricité, est un appareil composé de parties solides qui sont généralement des éléments métalliques (cuivre, plomb ou zinc) et de parties liquides (eau, acide sulfurique) ou dissolution alcaline, qui constituent des électrolytes. Si l'on fait passer un courant électrique primaire (courant fourni par une pile, une dynamo, etc.) dans un appareil ainsi constitué, opération désignée sous le nom de charge, on décompose l'électrolyte et cet appareil devient alors capable d'engendrer une certaine quantité d'électricité ; on donne le nom de décharge à cette dernière opération. On voit donc que l'accumulateur n'emmagasine pas à la charge d'électricité, mais bien un travail électro-chimique produit par un courant électrique, travail qui se transforme à la décharge en travail chimico-électrique.

Les effets des piles secondaires ont été étudiés et signalés par Gautherot en 1801, et plus tard par Ritter, Becquerel, Matteuci, etc.; mais on peut dire que le véritable inventeur de l'accumulateur est le regretté Gaston Planté qui, dès 1859, entreprit les premières recherches sur cet appareil et fut et est encore le guide des inventeurs dans cette partie de la science électrique.

Je n'entreprendrai pas de faire une description des divers modèles d'accumulateurs employés aujourd'hui dans l'industrie, je sortirais du programme que je me suis imposé dans cette étude.

Les types en sont d'ailleurs nombreux, et chaque nouvel accumulateur est, d'après son inventeur, très supérieur à tout ce qui a été fait antérieurement.

J'ai la bonne fortune de faire de cet appareil un emploi très large et je puis dire en toute sincérité, et quoi qu'on en dise, qu'il est capable tel qu'il est de rendre de réels services à l'industrie et j'ai une foi entière dans son succès définitif.

Depuis cinq ou six ans, des progrès importants ont été réalisés, et, si la science avait pu pénétrer certains phénomènes encore inexpliqués qui se produisent dans l'accumulateur, il est probable que ces progrès auraient été encore plus sensibles et les applications de cet appareil plus nombreuses.

L'accumulateur à base de plomb est aujourd'hui le plus répandu; il se compose généralement de cadres à alliage de plomb et d'antimoine présentant des alvéoles dans lesquelles on empâte de la litharge où on loge des pastilles de chlorure de plomb préalablement coulées pour les plaques dites négatives. La matière active de ces plaques est ensuite ramenée à l'état de plomb spongieux, soit par voie chimique, soit par voie électrique. Pour les plaques dites positives, on se sert des mêmes cadres garnis avec du minium mélangé avec l'acide sulfurique. Comme électrolyte, on fait usage de l'acide sulfurique étendu d'eau.

Les récipients qui contiennent les plaques et l'eau acidulée sont presque toujours en bois goudronné doublé d'une chemise en plomb; quelquefois, ils sont en métal recouvert d'un isolant comme la gutta-percha ou le caoutchouc, ou encore en carton comprimé, en celluloïde, en ébonite et amiante, et enfin, depuis quelque temps, en verre.

Les accessoires sont les bracelets en caoutchouc, pour séparer les plaques, les supports en ébonite, etc., etc.

Dès le début de l'emploi industriel des accumulateurs, le très petit nombre des électriciens qui ont eu à les installer et à les

employer, ont constaté que le vase en bois doublé de plomb occupait une place trop considérable et avait un poids exagéré. En outre, la chemise en plomb qui recouvre le bac en bois est constituée, sous peine d'en exagérer la valeur, par des feuilles de plomb de faible épaisseur dont les bords sont soudés autogènement.

Ce procédé de soudure coûteux, n'est dans les mains que de quelques ouvriers et demande à être fait avec le plus grand soin afin d'éviter les fuites et les accidents. Et en supposant ce travail bien fait, il se produit néanmoins, à la longue, des fuites évidemment dues aux actions électrolytiques qui attaquent le plomb. Or, un accumulateur qui fuit est hors service et compromet l'isolement et le fonctionnement de la batterie entière. Enfin, dans un récipient en bois doublé de plomb et en toute autre matière que le verre, on ne peut voir ce qui se passe entre les plaques et au fond du vase sans retirer celles-ci complètement. C'est un inconvénient grave qui exige en même temps une dépense de main-d'œuvre.

Il peut en effet se glisser entre deux plaques d'un élément, ou s'accumuler au fond du vase, des matières qui mettraient momentanément l'accumulateur hors service et compromettraient le fonctionnement de la batterie. Enfin un vase en bois doublé de plomb doit encore être isolé du sol ou du support sur lequel on le dépose; cette précaution est nécessaire en cas de fuite ou de suintement du liquide.

La plupart des défauts que je viens de rappeler pour le récipient en bois doublé de plomb existent pour les vases en autres compositions que j'ai indiquées tout à l'heure. En collaboration avec un de nos Collègues, M. Sarcia, qui s'est fait une réputation bien méritée dans la fabrication des accumulateurs, nous avons longtemps cherché un vase plus pratique et le vase en verre nous a paru le seul propre à être employé avantageusement.

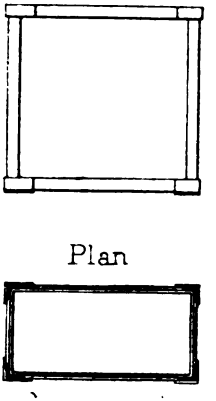


Fig. 1.

La première étape a été le récipient composé d'une carcasse métallique *(fig. 1)* constituée avec des fers cornières dans lesquels étaient logées des glaces polies pour deux des côtés et des glaces brutes pour les deux autres. Il avait été baptisé sous le nom d'aquarium dont il a bien l'aspect.

Les glaces étaient soudées à la carcasse métallique par un mastic employé à chaud, inattaquable aux acides, composé de briques réfractaires, de cire et de résine, le tout recouvert d'un vernis à base de sulfure de carbone. Il existe encore un assez grand nombre de ce type de vase en service, et bien qu'il ait donné à peu près satisfaction, nous avons dû y renoncer à cause de son prix de revient lorsqu'on arrive dans les grandes dimensions et aussi parce que, quelles que soient les précautions prises, le personnel d'entretien touchait avec les mains mouillées par l'acide, la carcasse en fer qui, à la longue, était attaquée et mise assez rapidement hors service.

Nous nous sommes alors retournés à nouveau vers les verriers en leur demandant de tenter un essai de fabrication de vase en verre soufflé. Je dois dire de suite que nous avons trouvé auprès de deux maîtres verriers, l'un près de Paris, l'autre dans la région du Nord, un concours dont je ne puis trop les remercier. Nous avons encore des modèles sortis des usines de ces industriels. Mais hélas, cet effort devait être négatif. En effet, ce système de vase fabriqué par le soufflage à la canne ou le soufflage à l'air comprimé si ingénieusement combiné par MM. Appert, donne au verre des épaisseurs très inégales surtout dans les angles et dans les fonds.

Avec des vases d'une dimension un peu grande, ce défaut est encore plus sensible : les parois comme les fonds, forment en effet des ventres gênants pour le logement des plaques, et l'inégalité d'épaisseur du verre diminue la résistance ou la solidité de ces vases.

D'autre part, le verre employé dans leur confection contient en excès des carbonates de soude et de potasse qui suffisent pour le rendre plus facilement attaquable par l'acide sulfurique et surtout par l'électrolyse qui joue, dans les accumulateurs électriques, un rôle destructeur encore mal défini. Il en résulte que les vases de cette fabrication ne pouvant, en outre, supporter ni le poids des plaques ni les variations de température que subit le liquide, se brisaient après quelques jours de mise en service et nous avons dû les abandonner.

Nous étions donc revenus modestement aux vases en bois doublés de plomb quand, dans une excursion que je fis, il y a quelques années, à l'usine de la Compagnie des Glaces de Saint-Gobain, j'eus l'occasion de voir des spécimens de tuyaux en verre moulé fabriqués d'après un nouveau procédé imaginé par notre président M. Appert.

Dans mon ignorance des questions si délicates et si difficiles qui touchent à la fabrication du verre, j'émis timidement l'avis que si l'on pouvait mouler des tuyaux à section ronde ouverts aux deux bouts, il devait être possible de faire des tuyaux à section carrée fermés par un bout et on obtenait ainsi le récipient en verre, vase idéal pour les accumulateurs. Cette idée est aujourd'hui réalisée et nous tenons le vase en verre tant désiré, grâce d'abord à l'esprit éminemment inventif de notre président M. Appert, et au concours libéral qu'a bien voulu prêter la Compagnie des Glaces de Saint-Gobain, pour faire les essais, toujours coûteux, de cette nouvelle fabrication : je suis heureux d'en exprimer toute ma reconnaissance et celle des électriciens à M. A. Biver notre collègue et Directeur général de la Compagnie de Saint-Gobain.

Les essais ont été entrepris dans l'usine de Saint-Gobain, sous la direction de M. J. Henrivaux, Directeur de cette usine et également notre collègue. Je suis certain de n'être pas démenti en affirmant que le succès définitif lui revient entièrement.

J'ai suivi cette fabrication avec le plus vif intérêt; elle a donné lieu, en dehors de la dépense qu'a consenti à faire la Compagnie de Saint-Gobain, à bien des tâtonnements, des déboires même, mais M. Henrivaux est arrivé à surmonter toutes les difficultés et je suis heureux de le constater et de le féliciter ici de sa ténacité et de son succès final.

Il m'a paru intéressant de rappeler le procédé par lequel on arrive à fabriquer à Saint-Gobain ce modèle de vase pour accumulateurs. Notre président, M. Appert, dans une des séances du mois de novembre 1890, nous a déjà entretenu du système de moulage du verre, dont il est l'inventeur, et qui sert, aujourd'hui, à fabriquer couramment les tuyaux en verre.

Dans un ouvrage publié l'année dernière et intitulé *la Verrerie depuis vingt ans*, MM. Appert et Henrivaux ont rappelé sommairement mais clairement le procédé de moulage et je ne puis mieux faire que de rappeler ce qu'ils ont écrit à ce sujet :

« Le procédé que M. Appert a été amené à imaginer consiste comme caractéristique :

» 1° A n'effectuer le moulage que successivement, en agissant, à chaque instant, sur une surface aussi limitée que possible;

» 2° A disposer les appareils de façon à conserver au verre sortant du four de fusion la chaleur qui lui a été communiquée, de

façon à agir pendant toute la durée de l'opération sur du verre à même température et par suite dans le même état de malléabilité.

» Voici comment on procède : on emploie un moule métallique d'épaisseur suffisante, armé de nervures destinées à empêcher la déformation. Ce moule s'ouvre en deux parties juxtaposées sur la hauteur, et en deux ou trois parties sur la largeur au moyen de charnières. La partie inférieure du moule étant fermée, sa capacité doit être telle que, étant remplie, elle contienne la quantité de verre nécessaire pour faire l'ensemble de la pièce. Le moule, ouvert à ses deux extrémités pour les pièces ouvertes elles-mêmes des deux bouts, est obturé à sa partie inférieure au moment du moulage par un noyau très légèrement conique d'un diamètre inférieur à celui du moule, de façon à former l'épaisseur de la pièce.

» On verse le verre dans le moule, on en ferme la partie supérieure laissée ouverte jusque-là, et on imprime avec la vitesse voulue un mouvement d'ascension au noyau qui, pour cela, est monté sur une tige en fer ou en fonte tournée qui la guide dans l'axe du moule.

» Ce mouvement est produit par un moyen mécanique quelconque, par de l'air ou de l'eau sous pression ou de la vapeur, et j'ajouterai, par l'électricité.

» Pour fabriquer des pièces ouvertes d'un bout, telles que les boîtes ou bacs de dimension ou de section transversale quelconques, il suffit, tout en opérant d'une façon analogue au point de vue du moulage, de donner au noyau mouleur la forme intérieure de la pièce que l'on veut obtenir, en ayant soin de le tenir légèrement conique sur sa hauteur, de lui imprimer comme toujours un mouvement d'ascension vertical; mais au lieu de le continuer jusqu'à la sortie du noyau, en dehors et au-dessous du moule, on l'arrête quand la face supérieure dudit noyau qui doit former le fond de la pièce est arrivée au-dessous de la partie supérieure du moule, à une distance égale à l'épaisseur que l'on veut donner à la pièce en fabrication.

» La partie supérieure du moule est ouverte et l'espace qui a été ainsi réservé se remplit, à la fin du moulage, de verre encore fluide, dont une partie peut s'écouler en dehors s'il en a été versé en excès.

» Un rouleau métallique, de dimension et de pesanteur suffisantes, mû mécaniquement ou à la main suivant les dimensions des pièces, vient alors laminer ce verre à l'épaisseur voulue,

expulsant en même temps l'excédent du verre qui a pu y être versé, et le séparant de la pièce moulée par sa réduction en lame mince sur les bords supérieurs du moule qu'on a eu soin de tailler en biseau à cet effet.

» On redescend vivement le noyau que coiffait la pièce moulée, et, pour la terminer, il ne reste plus, une fois sortie du four de cuisson, qu'à en dresser les bords supérieurs toujours un peu irréguliers, ainsi que les arêtes inférieures limitant le fond. »

La figure 2 représente le moule ouvert en deux parties AB, pouvant glisser sur la table C au moyen des vis de rappel DD'.

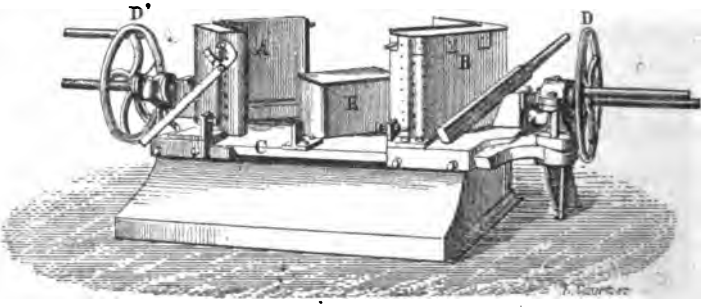


Fig. 2.

Au centre E se trouve le mandrin ou noyau représenté à moitié de sa course; autour des deux parties du moule sont des grilles dans lesquelles est entretenu un feu ardent qui les maintient ainsi toujours très chaudes.

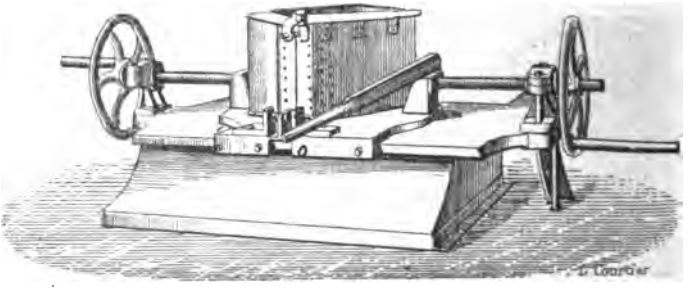


Fig. 3.

La figure 3 représente le moule fermé; à l'aide de la cuillère habituelle, on verse le verre en fusion en A.

La figure 4 donne la vue du moule ouvert, le noyau étant des-

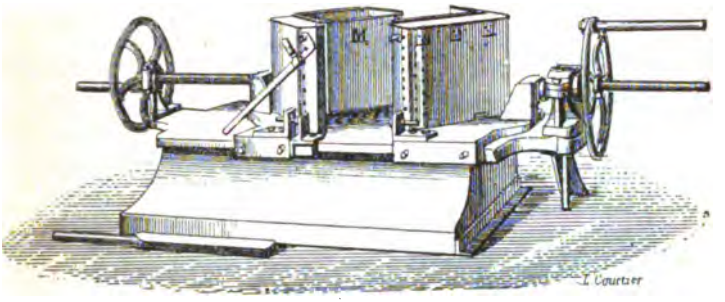


Fig. 4.

cendu et le vase en verre M apparaissant terminé et démoulé, et la figure 5, le vase porté au four de recuisson.

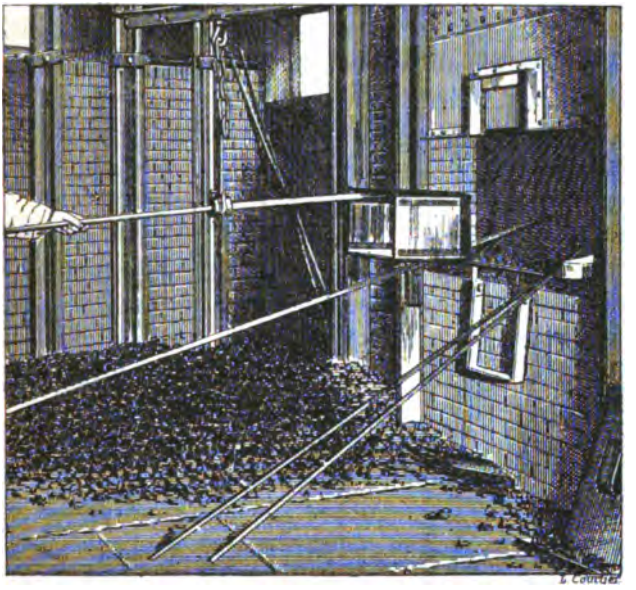


Fig. 5.

Les figures 6 et 7 donnent quelques spécimens des types de bacs rectangulaires et cylindriques obtenus par ce procédé et dont l'emploi est aujourd'hui généralisé, non seulement en France, mais même à l'étranger.

Le plus grand des bacs rectangulaires est d'un usage constant au Chemin de fer du Nord. Sa capacité est de 100 *l*; il peut re-

cevoir jusqu'à 360 *kg* de plaques, y compris le liquide et les accessoires. Il ne semble pas que l'on puisse dépasser, pour le

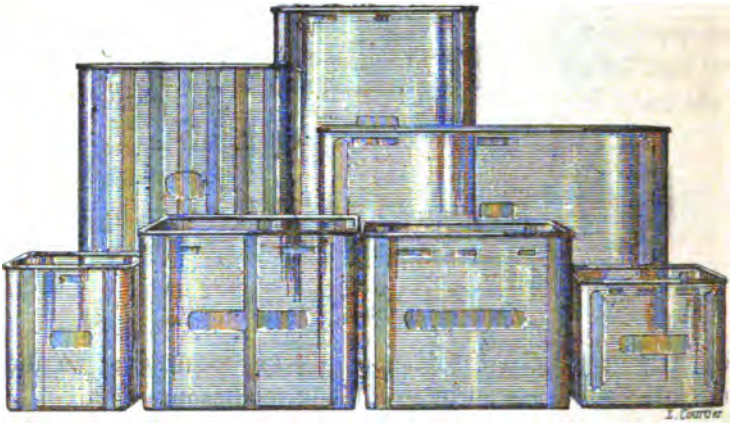


Fig. 6.

moment du moins, ces dimensions; ce serait faire travailler le verre dans des conditions anormales et on s'exposerait à des déboires, en raison surtout des charges que devrait supporter le fond du vase.

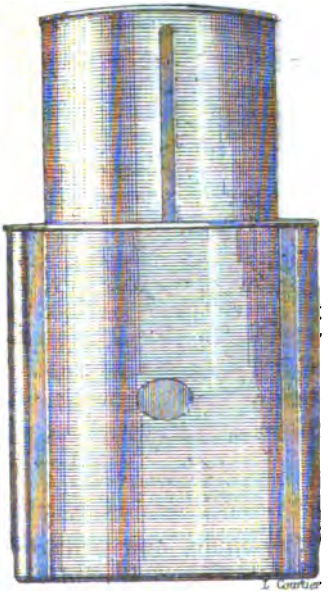


Fig. 7.

Toutefois, le procédé Appert permet de fabriquer théoriquement des tuyaux ou des vases fermés d'une hauteur illimitée.

Il n'est pas douteux qu'avec des appareils plus puissants comme presse et comme moules plus grands comme fours de recuisson, on n'arrive à augmenter notablement le volume de ces tuyaux et de ces vases.

Dans la fabrication primitive de ces bacs, le fond, ainsi que l'indique la figure 8, était uni avec une épaisseur moyenne de 6 *mm*. La charge que doit supporter ce fond a amené quelques bris de bac dus à ce que, au moment où on fait descendre le noyau, il se produit un phénomène de succion qui donne au fond une forme légèrement ventrue à l'intérieur.

Le fond n'étant plus bien plan ne repose plus sur les chantiers et par la charge qu'il porte fait travailler le verre dans des conditions anormales.

Pour remédier à cet inconvénient, il était nécessaire de lui donner une épaisseur plus forte ; mais on se heurtait à une autre difficulté due à la recuisson qui se fait très imparfaitement quand

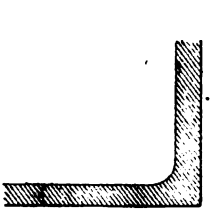


Fig. 8.

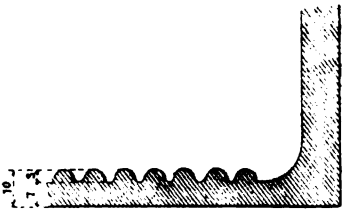


Fig. 9

le verre dépasse une certaine épaisseur. On a pu la tourner et atteindre une épaisseur minima de 10 *mm* en disposant sur la face intérieure du fond de véritables nervures ainsi que l'indique la figure 9.

Le phénomène de succion est d'abord moins sensible, de plus le verre ayant une épaisseur plus forte, possède une résistance plus grande à la charge et la recuisson étant en même temps plus facile.

Ce perfectionnement ne s'applique et n'est nécessaire que pour les bacs de grande capacité, 80, 100 *l* et au delà : on le complète heureusement en faisant reposer les bacs au moment de l'emploi sur une légère feuille de feutre commun. Le fond porte ainsi sur toute sa surface et peut porter des charges plus importantes.

En dehors des bacs dont je viens de parler, on utilise encore dans le montage des accumulateurs un certain nombre d'autres pièces en verre moulé, dont la fabrication est aujourd'hui usuelle tant dans les usines de la Compagnie de Saint-Gobain que dans celles de la Compagnie des Glaces de Jeumont et de Recquignies dirigées avec une activité et un savoir-faire remarquables par un autre de nos collègues, M. Despret.

Ces deux Compagnies ont bien voulu mettre à ma disposition différentes pièces dont je vais vous dire quelques mots.

Pour leur donner un isolement aussi parfait que possible, les accumulateurs se montent habituellement non sur le sol, mais sur des chantiers en bois goudronné reposant eux-mêmes sur des isolateurs en verre moulé formant cuvette dans laquelle on

verse de l'huile lourde. Nous étions autrefois tributaires de l'Allemagne et de la Belgique pour ces pièces qui se faisaient soit en porcelaine, soit en verre et en deux pièces. Les modèles actuellement employés *(fig. 10 et 11)* sont plus simples, plus économiques et sont fabriqués par l'industrie française. Ils servent en outre à isoler les machines dynamos électriques du sol dans les usines de production d'électricité.

Dans le bac lui-même et lorsque l'accumulateur est complet, nous y trouvons encore soit des dalles en verre uni, soit des dalles

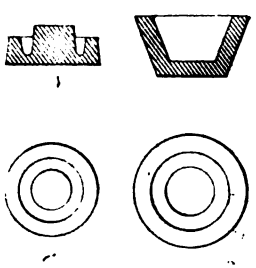


Fig.10. Fig.11.

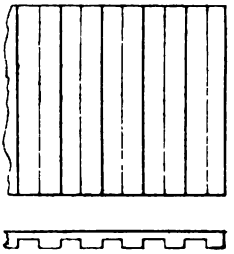


Fig.12.

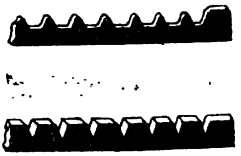


Fig.13.

à rainures *(fig. 12)* destinées à supporter et à maintenir l'écartement normal des plaques.

On emploie également dans le même but des crémaillères *(fig. 13)*, des tasseaux triangulaires en verre moulé. Enfin, des tubes, des baguettes ou des lames de verre remplacent avantageusement les bracelets en caoutchouc, coûteux et peu durables.

Un ingénieur de la Ville de Paris reprochait tout récemment aux accumulateurs électriques de faire peu de progrès. Je crois qu'il était imparfaitement renseigné car non seulement ces appareils ont fait et font encore de réels progrès, mais ils en font faire à une autre industrie, la verrerie, qui doit en être satisfaite.

En rappelant tout à l'heure comment avait été conçue l'idée des vases en verre moulé, j'ai parlé des tuyaux en verre fabriqués par le même procédé. Ces tuyaux peuvent non seulement servir pour l'écoulement des eaux, des acides et de tout autre liquide, mais encore sont capables de loger les fils et câbles électriques et de les isoler dans des conditions techniques plus favorables et tout aussi économiques qu'avec la fonte, la poterie, le ciment, etc.

Le verre moulé s'emploie aussi, et avantageusement, comme isolateur, pour la confection de rhéostats électriques au lieu et place de la porcelaine; la figure 14 représente un modèle venant

des usines de Jeumont et de Recquignies. A est le bloc en verre sur lequel sont fixées les lames de rhéostat 1, 2, 3, 4...

Nous étudions en ce moment la possibilité d'utiliser le verre dit « l'opaline » que fabriquent les Compagnies que j'ai déjà citées et la maison Appert pour monter des commutateurs pour la haute tension ou pour de grandes intensités; ces appareils sont habituellement montés sur marbre ou sur ardoise.

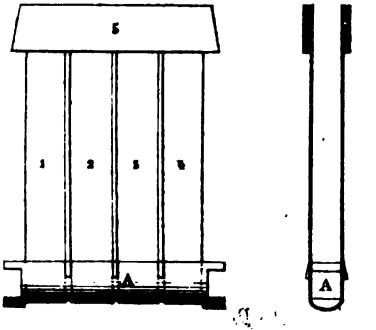


Fig. 14.

Le verre appelé opaline, qui se rapproche du verre dévitrifié connu sous le nom de porcelaine de Réaumur doit son opacité et sa teinte blanche à une précipitation de sels de fluor, et peut être heureusement utilisé pour garnir les murs des salles de dissection, les passages souterrains pour multiplier et amplifier la lumière, les cours étroites des maisons, les salles de bains, etc., etc., remplaçant ainsi les briques émaillées dont le prix est plus élevé si on y ajoute celui de la pose.

Il y a trois ans à peine, si quelqu'un avait proposé aux électriciens d'utiliser le verre dans leur industrie, je crois qu'ils eussent répondu par un sourire; l'idée que nous avons de la fragilité du verre justifiait d'ailleurs cette méfiance.

Il n'en est plus de même aujourd'hui, grâce aux avantages qu'on peut tirer du verre moulé qui offre avec une inaltérabilité parfaite une résistance mécanique souvent supérieure à presque toutes les autres matières isolantes et qui permet de faire des pièces de toutes formes à des prix modérés.

Quant à sa résistance électrique, comme je l'ai dit au début de ce travail, elle est de beaucoup supérieure aux autres isolants si on a surtout soin de faire choix d'un verre dur dans lequel il n'entre que peu de bases alcalines.

C'est donc un succès et un débouché nouveaux que vient d'apporter l'électricité à la verrerie. Les verriers ont par conséquent devant eux des applications nouvelles qui apporteront un supplément de travail important à leur industrie et les électriciens ont à leur disposition une excellente matière dont ils sauront profiter si MM. les verriers veulent bien les y aider.

CHRONIQUE

N° 191

Sommaire. — Une explosion de chaudières. — Explosion d'un récipient d'acide carbonique. — Forme de moindre résistance. — Ventilation des chambres de chauffe. — L'Institution of Mechanical Engineers.

Une explosion de chaudières. — Nous avons, sous ce titre, donné dans la Chronique de juillet, page 122, quelques renseignements sur une formidable explosion qui s'est produite au mois de juin dernier aux forges de Redcar, près de Middlesborough.

Dans une batterie de 15 chaudières, fournissant de la vapeur aux machines soufflantes et aux monte-charges des hauts fourneaux, 12 de ces chaudières ont fait explosion simultanément; les conséquences ont été la mort de sept personnes, des blessures à dix autres, dont plusieurs ont succombé depuis, des dommages considérables et l'arrêt complet de l'usine pendant plusieurs semaines.

L'enquête faite par le Board of Trade, pour établir les causes de la catastrophe et les responsabilités, a eu lieu quelques jours après, du 16 au 22 juillet; elle a donc duré six jours, pendant lesquels on a entendu les témoignages qu'on a pu recueillir et les observations des intéressés.

Il est nécessaire de donner d'abord une description des chaudières qui ont fait explosion. Les 15 chaudières dont il s'agit appartenaient toutes au même modèle; elles étaient du type cylindrique horizontal, sans bouilleurs ni carneaux, chauffées extérieurement. Leur diamètre était de 1,37 *m* et leur longueur de 19,50 *m*. La partie cylindrique était formée de 20 viroles de 2 tôles chacune; le fond arrière était fait de 6 pièces et le fond avant de 5; ce dernier portait un appendice sortant de la maçonnerie du fourneau, et auquel était fixé le tube de niveau d'eau. Les tôles étaient assemblées à recouvrement avec un seul rang de rivets de 20 *mm* de diamètre, leur épaisseur était de 9 1/2 *mm*. Pour 14 chaudières, les tôles étaient en fer du Staffordshire, qualité *best* pour les enveloppes et *best best best* pour les fonds, les dômes, etc. Pour la chaudière n° 15, les tôles étaient d'acier.

Quant à l'âge de ces générateurs, le n° 1 avait été fait en 1880, les n^{os} 2 à 7 en 1873, 8 à 14 en 1875 ou à peu près, et le n° 15 en 1895.

Chaque chaudière portait deux soupapes de sûreté à levier et poids, chargées à 4,25 *kg* par centimètre carré, un tube de niveau d'eau en verre, placé sur la façade de la maçonnerie, un flotteur à sifflet pour prévenir de l'abaissement du plan d'eau et trois trous d'homme pour la visite et le nettoyage de l'intérieur. Les chaudières n'avaient pas de manomètres séparés; il n'y en avait que deux pour toute l'installation, et ils étaient placés, l'un dans le bâtiment des machines soufflantes et l'autre

dans celui des machines d'alimentation. Les générateurs étaient supportés par des consoles en fonte boulonnées à la tôle et reposant de l'autre côté sur des plaques portées par les murs des carneaux. Ils étaient chauffés par les gaz provenant des hauts fourneaux au moyen d'introductions d'air et de gaz disposées convenablement.

L'eau d'alimentation était prise sur la distribution de la ville, chauffée par la vapeur d'échappement des machines, puis filtrée et introduite dans les chaudières à la température de 75 à 80° C.

Toutes ces chaudières étaient assurées à la National Boiler and General Assurance Cy, de Manchester et soumises à des inspections périodiques.

Ce sont les chaudières 3 à 13 qui ont fait explosion, les 10 premières simultanément et la dernière un instant après. L'examen des débris a fait voir que les premières s'étaient rompues au troisième joint circulaire à partir de l'avant et la dernière au quatrième.

La commission d'enquête a entendu les représentants des propriétaires de l'usine, ceux de la Compagnie d'assurance et les divers témoins qu'elle a jugé pouvoir éclairer la question.

Il semble ressortir des témoignages qu'une des chaudières aurait fait explosion la première et que les autres auraient suivi, soit à cause de l'ébranlement amené par le choc, soit à cause du manque d'appui causé par la ruine partielle des maçonneries du fourneau.

Un examen attentif n'a pu faire reconnaitre de traces de surchauffe sur les tôles, et l'on est porté à attribuer l'explosion de la première chaudière à la rupture d'un joint circulaire.

Les assureurs ont rappelé que des réparations importantes avaient été faites en 1887 à la suite de fissures survenues dans les recouvrements des tôles. On dut changer plusieurs tôles. En 1894, il fallut faire également des réparations à plusieurs des chaudières. A ce moment la Compagnie d'assurances dut appeler l'attention des propriétaires de l'usine sur les dangers provenant de cette situation, et sur la convenance qu'il y aurait à prendre des mesures pour y obvier.

Ces mesures, telles qu'elles étaient formulées par l'Ingénieur de la Compagnie, consistaient à couper les chaudières actuelles en deux, pour réduire leur longueur et atténuer les effets de contraction et de dilatation dus au chauffage de la partie inférieure; cette modification n'entrainait pas de changements notables dans l'installation; les deux parties de chaudière auraient été seulement munies de communications pour l'eau et la vapeur. Il aurait encore mieux valu, suivant l'avis de l'Ingénieur, substituer au type actuel reconnu généralement comme vicieux un type plus convenable tel que des chaudières à foyer intérieur.

Les propriétaires de l'usine, MM. Walker, Maynard et Cie, répondaient que les chaudières ont toujours été surveillées attentivement, qu'on y a fait toutes les réparations demandées par les assureurs, que la veille encore de l'accident, la chaudière n° 4, qui parait avoir fait explosion la première, avait été examinée avec soin et qu'on n'avait rien trouvé d'anormal. Ils ne contestent pas que la Compagnie d'assurance ne leur ait signalé leurs chaudières comme peu sûres et n'ait appelé leur attention sur l'avantage qu'il y aurait à les remplacer par de meilleures;

mais ces avis n'ont eu aucun caractère impératif, et l'assureur n'a jamais fait de ces changements une condition de la continuation du contrat.

Après clôture de l'enquête, le président a posé à la commission dix-neuf questions et après réponse il a formulé le jugement de la manière suivante :

Il ne parait pas y avoir eu de négligence dans la conduite et la surveillance des chaudières, et on ne doit pas chercher la cause de la catastrophe dans le manque d'eau ou une explosion de gaz.

La faute est dans le type même des chaudières qui doit être considéré comme dangereux par suite de sa trop grande longueur et du chauffage inégal de ses diverses parties. Ni les propriétaires de l'usine, ni la Compagnie d'assurance n'ont eu dans la question l'attitude qui convenait. Les premiers avaient eu leur attention attirée sur la gravité de la situation et n'ont pas fait ce qu'ils devaient dans cette circonstance; mais, d'autre part, les assureurs ont eu le tort de ne pas insister sur le danger absolu que révélait la fréquence des fissures dans les tôles de coup de feu. Les deux sont donc à blâmer.

L'explosion ne peut être considérée comme accidentelle, comme le dit le jugement qui a terminé l'enquête du coroner; attendu qu'on doit considérer qu'elle devait tôt ou tard se produire; le mot accidentel doit être réservé pour une chose qui ne peut être prévue; or ce n'était pas le cas de l'explosion de Redcar qui devait se produire fatalement, ce n'était qu'une question de temps.

Il est de l'intérêt de la sécurité publique de voir discontinuer l'emploi des longues chaudières chauffées extérieurement qui ont déjà causé de nombreux accidents. Tout ce qu'on peut y faire peut atténuer, dans une certaine mesure, le danger que présentent ces générateurs, mais ne peut le supprimer entièrement; aussi est-il à désirer que ce type vienne à disparaître entièrement.

Admettant donc une certaine responsabilité des propriétaires de l'usine, MM. Walker, Maynard et C^ie^ et de la Compagnie d'assurances, mais dans une proportion très inégale, le jugement les condamne à payer une partie des frais de l'enquête, savoir les propriétaires 5 000 *f* et les assureurs 1 250 *f*.

Nous rappellerons que les vingt-deux générateurs qui ont fait explosion à la Friedenshütte en 1888 étaient d'un système analogue à celui de Redcar dont il vient d'être question; c'étaient des chaudières à bouilleurs, mais le corps cylindrique recevait le premier l'action de la flamme, et les bouilleurs étaient dans des carneaux où les gaz chauds se rendaient après avoir circulé sous les chaudières. Celles-ci avaient 1,57 *m* de diamètre et 11,76 *m* de longueur.

Avec de longs corps chauffés en dessous par la flamme, la différence de température entre les parties supérieure et inférieure amène une différence de dilatation, laquelle peut, avec les longueurs de 19 à 20 *m*, atteindre 20 à 30 *mm;* il en résultera une courbure de la chaudière qui tendra à faire ouvrir les joints circulaires déjà plus ou moins altérés par le coup de feu, surtout avec le chauffage au gaz qui peut donner des changements brusques de température très favorables à la production de fissures dans les bords des tôles. Si l'on ajoute que la charge de l'eau,

dont le poids n'était pas, à Redcar, de moins de 12 à 13 *t* par chaudière, s'exerce sur la partie inférieure, on comprend que les générateurs de ce genre peuvent être amenés rapidement à un état dangereux. La rupture d'une ou plusieurs consoles de support, consoles qui à Redcar étaient en fonte, peut déterminer brusquement cet état. Les mêmes considérations expliquent comment, dans les deux accidents, l'explosion d'une seule des chaudières, modifiant ou même détruisant les conditions d'équilibre des autres, a pu amener une explosion générale.

On ne peut donc qu'approuver l'opinion portée par la Commission d'enquête sur le type de chaudières dont il s'agit, mais ne serait-il pas utile également de déconseiller la juxtaposition d'un très grand nombre de chaudières dans un groupe unique et de limiter le nombre de celles qui pourraient être réunies dans un même massif? Cette précaution élémentaire préviendrait l'arrêt complet et prolongé d'une usine par un accident de ce genre.

Explosion d'un récipient d'acide carbonique. — Le Bulletin de juillet dernier de notre Société contient une très intéressante communication de notre collègue M. Périssé sur une explosion survenue récemment à Paris d'un récipient d'acide carbonique liquide. Il nous paraît opportun de donner ici quelques renseignements sur une explosion analogue survenue dans un pays fort éloigné, dans l'Inde, sur un récipient du même genre. Ce fait est rapporté dans une lettre adressée de Lahore à l'*Engineer* par le colonel C.-E. Shepherd, inspecteur du gouvernement pour les chemins de fer.

Le 19 mai 1895, un récipient, contenant de l'acide carbonique liquide, a fait explosion à la gare d'Amribsar, dans le Punjab, au moment où il venait d'être déchargé d'un wagon. Ce récipient était un cylindre d'acier sans soudure, essayé par le fabricant sous une pression de 3750 livres par pouce carré, soit environ 265 *kg* par centimètre carré, ainsi qu'il était marqué sur le récipient même. Son diamètre était de 0,178 *m* et sa longueur de 0,75 *m;* il avait une capacité de 10,42 *kg*, mais ne contenait, au moment de l'explosion, que 10 *kg* d'acide carbonique liquide et pesait 40 *kg* avec sa charge.

Quatre de ces récipients avaient été expédiés de l'usine de production à diverses destinations et, après avoir fait pendant la nuit un parcours de plus de 100 *km*, étaient arrivés à la gare de bifurcation d'Amribsar où ils devaient être transbordés dans un autre train.

Le temps était très chaud, mais rien n'indique que le déchargement ait été fait au soleil. Trois récipients avaient été déchargés du wagon sur le quai, un grand et deux petits, lorsqu'un de ces derniers fit explosion, avec un grand bruit, au moment où il venait d'être déposé sur le sol. On ne s'explique pas comment les manœuvres indigènes qui faisaient la manutention et l'employé qui les dirigeait ont pu s'en tirer sans la moindre blessure.

Voici quels furent les effets mécaniques de l'explosion. Le plus grand des trois récipients fut simplement roulé sur le quai et tomba sur la voie située à 0,90 *m* en contre-bas. Le cylindre voisin de celui qui avait fait explosion fut lancé du quai par-dessus un hangar à marchandises

de 10 *m* environ de hauteur et tomba à une distance de 90 *m* de sa position primitive sans avoir subi le moindre dommage, si bien qu'il fut de suite relevé et envoyé à destination. Enfin les débris du cylindre qui a fait explosion ont été lancés à 27 *m* de distance dans la direction opposée; on a retrouvé un gros morceau et six petits. La pesée de ces morceaux a fait évaluer à 2,72 *kg* le poids de ce qui n'a pas été retrouvé.

L'examen des débris a fait constater l'existence d'une fissure de 30 *mm* de longueur sur les deux tiers de l'épaisseur du métal (1). Celui-ci avait normalement 3/10 de pouce, soit 7,62 *mm* d'épaisseur; celle-ci était donc réduite à 1/10 de pouce ou à 2 1/2 *mm* à l'endroit de la fissure. Le métal était d'ailleurs de bonne qualité. Ce défaut suffit amplement pour expliquer l'accident.

Ce récipient était en service depuis deux ans, il avait été chargé et et expédié six fois et était à son septième chargement. En dehors de la destruction du cylindre qui a fait explosion, le seul dégât matériel a été une excavation de 0.60 *m* de diamètre et de 0.22 *m* de profondeur produite dans le sol du quai à la place où se trouvait le récipient.

De ces faits on peut conclure, dit le colonel Stepherd, qu'un choc, même très fort, n'a pas d'effet sur des récipients chargés d'acide carbonique liquide sous une pression atteignant 60 *atm;* mais on peut en déduire aussi qu'un récipient déjà essayé sous une pression très élevée, peut très bien faire explosion à une époque ultérieure en produisant des effets qui pourraient être désastreux. On a constaté que le choc a projeté à 50 *m* des objets lourds déposés sur le quai à côté du récipient; il est certain que les conséquences auraient pu être très graves si l'explosion s'était produite dans un wagon attelé à un train en marche. On a déjà vu que c'était par miracle qu'il n'y ait pas eu de blessés et peut-être de morts.

Il semblerait prudent de soumettre ces récipients à une nouvelle épreuve à chaque rechargement ou tout au moins tous les deux rechargements; ces essais n'auraient pas lieu à la pression de l'essai primitif, pression qui, dans le cas dont il s'agit, était de 265 *kg* par centimètre carré, mais au double de la pression de chargement, soit, dans l'espèce, 127 *kg*, ce qui fait à très peu près la moitié de cette pression primitive.

La chaleur intense qu'il fait au Punjab de mai à septembre, peut bien avoir pour effet d'augmenter, dans une certaine mesure, la pression intérieure. Entre 15° C., la température moyenne de l'eau dans laquelle les cylindres sont plongés pendant leur chargement, et 65° C., température à laquelle ces cylindres pourraient se trouver exposés en plein soleil dans le milieu du jour, il y a une différence de 50°. Il va sans dire que les règlements prescrivent de ne jamais laisser les récipients d'acide carbonique au soleil, mais il n'est pas moins vrai que, dans les wagons couverts où ils sont transportés, la température s'élève fréquemment à près de 50° C. Il faut donc tenir compte d'une élévation importante de température.

Il semble que, dans le cas dont nous venons de nous occuper, contrai-

(1) Il est regrettable que la lettre ne donne pas d'indication sur la partie où se trouvait cette fissure.

rement à ce qui s'est passé pour le fait qui a donné lieu à la communication de M. Périssé, le récipient a fait explosion non par suite de remplissage excessif, mais simplement à cause d'une résistance insuffisante due à un défaut de la matière ou à un vice dans la fabrication. A ce point de vue, la prescription d'essais périodiques ne serait pas sans intérêt.

Forme de moindre résistance. — Dans la Chronique de juillet dernier, page 118, nous avons rapporté, d'après l'*American Engineer and Railroad Journal*, quelques expériences faites sur des blocs de glace et des prismes en cire par M. Meety Moulton pour obtenir la forme de moindre résistance par l'action même du fluide dans lequel se déplaçaient ces solides.

Notre collègue, M. de Bruignac, a bien voulu nous adresser, au sujet de ces expériences, les observations suivantes auxquelles sa compétence dans la question donne un intérêt particulier.

« Les essais de Newport-News (Virginie), relatifs à la forme de moindre résistance, cités dans la Chronique de juillet, consistent essentiellement à trainer dans l'eau, parallèlement à leur axe, des prismes droits en glace. En fondant sous l'action de l'eau, ces prismes arrivent à prendre à peu près la forme du poisson dans sa direction de marche, qu'ils conservent ensuite en continuant à fondre (ce dernier point n'est pas indiqué ; je le suppose en faveur de l'expérience que je discute).

» L'auteur de l'essai en conclut que cette forme est celle de moindre résistance à la translation.

» Séduit d'abord par l'ingéniosité de ce procédé, j'ai été frappé ensuite de la contradiction qui existe entre la conclusion et l'expérience courante des bateaux, savoir que, toutes choses égales d'ailleurs, la résistance de translation diminue à mesure que l'on affine la proue et les formes avant. Enfin je me suis demandé si ces essais avaient réellement la signification que leur attribue leur auteur. On va voir qu'il n'en est rien. Examinons successivement.

» *Avant.* — Il est évident que l'eau refoulée par la translation du prisme tend à attaquer davantage les parties de la tête du prisme droit qui gênent le plus son dégagement et offrent le moins de résistance à la corrosion. Or ces parties sont précisément les angles et les crêtes. Par conséquent, la tête du prisme tendra à prendre une forme arrondie. Elle la conservera probablement, car cette forme paraît être celle pour laquelle le frottement de l'eau subit le moins d'irrégularités.

» Mais la somme des pressions agissant alors en tous sens sur la tête du prisme est-elle égale ou en rapport constant avec le minimum des pressions parallèles à la marche ? Rien ne permet de le penser; d'autant moins que la résultante de translation n'est qu'une partie de la somme des pressions et que leur rapport varie toujours avec la forme. Par conséquent, on ne peut pas conclure que la régularité de frottement — cause, résultat et sauvegarde de la forme arrondie — implique le minimum de résistance.

» Il y a d'ailleurs, dans la transformation par corrosion de fusion, une

condition tout à fait spéciale, que l'espace dont je dispose ici ne me permet pas d'analyser et qui cause des effets tout autres que ceux des résistances ordinaires. Ainsi, le centre de la proue, où la pression est plus grande et le frottement moindre, est maintenu plat normalement à l'axe par la fusion, bien que cette forme soit l'opposé de la diminution de résistance. En outre, la diminution constante et rapide du mobile empêche de constater aucun minimum d'effet.

» Supposons un instant que le fuseau pointu soit moins résistant à la translation que la tête de poisson et qu'un solide en glace de cette forme soit traîné dans l'eau; la pointe s'émoussera cependant très vite, parce qu'elle heurte l'eau davantage et offre le moins de résistance à l'échauffement; elle en viendra à la tête arrondie.

» La diminution de résistance observée résulte naturellement, tant de l'arrondi de la proue que de l'amincissement considérable du prisme. Elle a dû croître sans cesse et aurait continué jusqu'à la complète fusion du prisme, si on avait prolongé l'expérience.

» *Arrière.* — Discuter le cas de l'arrière serait beaucoup trop long; d'ailleurs les explications du journal américain sont insuffisantes. Je me bornerai à une observation semblable à celle faite pour l'avant. Chacun peut constater sur les bateaux à peu près prismatiques remorqués sur nos rivières que l'eau se précipitant pour combler le vide laissé par le bateau agit surtout aux deux angles de l'arrière.

» Par conséquent, ces angles seraient les points les plus fortement corrodés par l'eau, s'ils pouvaient l'être. Par conséquent, pour les prismes de glace, les angles de l'arrière sont principalement attaqués, et, cette action se continuant, à mesure que la forme varie, tant sur le contour de la base diminuée que sur les arêtes nées par la corrosion sur les côtés du prisme, la forme tend à se rapprocher de l'aspect d'une queue de poisson.

» Mais cette modification de forme, résultant, comme pour l'avant, de ce que l'eau attaque surtout les points qui la gênent le plus et résistent le moins à la corrosion, ne permet pas de conclure ici davantage que la forme pour laquelle les résistances sont plus régulières corresponde à leur maximum. Une fois la forme de corrosion atteinte, elle se conserverait sensiblement jusqu'à destruction complète du prisme, si on prolongeait l'expérience.

» En somme, la forme prise par le prisme fondant, tant à l'arrière qu'à l'avant, ne résulte pas d'une moindre résistance à la translation, mais d'une uniformisation ou régularisation de la corrosion, ce qui n'a aucun rapport. Il semble donc que les essais de Newport-News n'ont pas la signification admise par leur auteur. »

Ventilation des chambres de chauffe. — Le *Army and Navy Journal* contient un article où sont développées des considérations très intéressantes sur une grosse question intimement liée avec celle de la navigation maritime.

Un des points faibles du service à la mer est la température élevée qui règne dans les chambres de chauffe que les Anglais désignent souvent par l'expression énergiquement significative de *trou des chauffeurs*

(stoke hole). La fatigue du travail de la chauffe, d'une nature épuisante, s'accroit tous les jours par les progrès de la navigation à vapeur, et non seulement dans les mers tropicales mais même dans l'Atlantique Nord, amène pour les hommes une excitation telle qu'on a vu des chauffeurs se jeter par-dessus le bord ou tout au moins tenter de le faire, comme cela s'est passé, il y a quelques jours, sur un grand paquebot transatlantique. Sur les navires de guerre, la chaleur des chaufferies devient insupportable, précisément dans les moments ou cet inconvénient est capable de mettre le navire en danger ou de diminuer sensiblement sa puissance militaire. Le commandant Mac Giffin, auquel on doit des notes intéressantes sur les conditions de la guerre maritime moderne a signalé la terrible situation où se sont trouvés ses chauffeurs à la bataille de Yalu, alors que la température s'est élevée devant les chaudières à un degré tel qu'un certain nombre d'hommes en ont perdu la vue d'une manière permanente.

L'importance de la question a été reconnue depuis longtemps et les propositions pour améliorer les conditions de la chauffe n'ont pas manqué de se produire, mais on peut dire qu'aucune marine n'a encore rien réalisé de bien efficace dans cette partie de l'hygiène du navire. Pour rendre le corps humain capable de supporter un travail violent dans un milieu à température élevée, il faut recourir à une méthode basée sur des lois naturelles.

Le principe de cette méthode est que le corps doit être son propre réfrigérant et l'application de ce principe est l'envoi sur le corps d'un courant d'air relativement sec qui vaporise rapidement la sueur et amène par cette évaporation un effet de réfrigération. Le corps doit être aussi nu que le permet la radiation énergique des façades des chaudières et on doit laisser les hommes boire à leur volonté, de préférence de l'eau d'orge fraiche.

Le changement que nous proposons est radical par rapport à ce qui se passe actuellement. Aujourd'hui, on emploie un système de ventilation qu'on peut appeler collectif par opposition au système individuel. On envoie dans les chaufferies une grande quantité d'air pour y établir une atmosphère dans laquelle les hommes puissent travailler. Il ne semble pas qu'on se préoccupe beaucoup de la qualité de cet air, bien qu'il paraisse parfaitement inutile de baigner des gens en transpiration dans une atmosphère déjà saturée d'humidité. Ce n'est pas seulement le mode de ventilation qui doit être changé, mais c'est surtout l'objet de cette ventilation; en effet, ce qu'on doit se proposer est d'agir sur l'épiderme de l'homme et non seulement sur ses poumons. Or, pour le premier effet, l'usage de l'air froid est non seulement inutile mais encore nuisible. On vient de parler tout à l'heure d'air relativement sec, c'est-à-dire capable d'absorber encore de l'humidité, or, cette capacité lui est donnée par une élévation de température aussi bien que par une dessication et le premier moyen est beaucoup plus facile à réaliser.

Nous croyons que l'air fourni aux chauffeurs doit avoir à peu près la température qui règne dans la chambre de chauffe. Une température de 38 à 40° C. n'est nullement impossible à supporter. Des milliers d'hommes travaillent journellement dans des milieux à cette tempéra-

ture, non pour un temps assez court, mais pendant huit heures par jour et vingt-huit jours par mois, sans en être sérieusement incommodés. Nous pourrions citer des cas où des hommes ont travaillé dans une atmosphère à 45° C. L'air était pris à 31° C., refoulé par un ventilateur de construction grossière dans un conduit en tôle galvanisée où sa température était élevée à 42°; ce tuyau dirigeait l'air directement sur les ouvriers qui travaillaient nus jusqu'à la ceinture à 4,50 *m* environ de distance. Le ventilateur devait avoir un assez faible rendement; lorsqu'on donnait un peu plus de vapeur à la machine et que la marche du ventilateur s'accélérait, les ouvriers sentaient une impression de froid et demandaient qu'on refermât un peu le régulateur. On peut citer d'autres cas où, avec une ventilation efficace, les températures respectives du milieu où le travail s'effectuait et de l'air envoyé par la ventilation ont été de 36°,6 et 35°5, de 44°,4 et 42°,7, de 45°,5 et de 45°,5 et 44°,5 et 44° et on pourrait encore citer des chiffres plus élevés.

Ces températures sont comparables à celles qu'on constate dans les chaufferies dans les conditions ordinaires; mais dans les climats tropicaux ou dans des conditions particulièrement défavorables, la chaleur s'élève à des degrés beaucoup plus élevés. Les chiffres suivants, relevés sur la corvette française *Ariane*, sont déjà anciens, mais ils sont suffisamment éloquents.

MOIS	ENDROITS	TEMPÉRATURES		
		CHAMBRE des MACHINES	CHAUFFERIES	SOUTES
Octobre	Mer du Nord.	26° C.	58° C.	—
—	Atlantique.	37	53	—
—	Méditerranée.	40	59	—
Novembre. . . .	Mer Rouge.	50	67	40° C.
—	Océan Indien.	43	64	—
—	Détroit de Malacca.	46	69	—
Janvier	Manille.	48	65	43
—	Mers de Chine.	27	50	27
Avril	—	41	46	30
Juillet	—	45	64	35
Septembre. . . .	Mer Rouge.	34	62	33
—	Port-Saïd.	38	68	30
—	Méditerranée.	35	62	32
—	—	36	59	31

La ventilation était effectuée uniquement par des manches à vent montant sur le pont. On peut émettre des doutes sur l'exactitude de certains de ces chiffres, parce que les thermomètres ont pu être exposés au rayonnement des chaudières ou accrochés à des parois chaudes. On remarquera que la température des chaufferies a été aussi élevée dans la mer du Nord que dans la Méditerranée et dans les mers de Chine;

elle semble donc indépendante de la température de l'air extérieur. Si donc cette haute température est due à des causes artificielles, on doit admettre qu'on peut la combattre par des moyens artificiels. Les chiffres relevés pour les soutes semblent indiquer que, dans la mer Rouge, la température de l'atmosphère n'est pas assez élevée pour s'opposer à une ventilation et à une réfrigération efficaces.

Si on part de ce fait qu'à la mer la proportion d'humidité de l'air est forte, le procédé de réfrigération devra satisfaire à trois conditions : 1° l'air destiné à la ventilation sera chauffé dans un endroit où il ne pourra pas recevoir d'humidité; 2° cet air sera projeté directement sur les chauffeurs; 3° ceux-ci pourront boire à leur volonté, de manière à émettre une transpiration dont l'évaporation, sous l'action de l'air relativement sec, amènera un effet réfrigérant d'après les lois bien connues qui régissent la matière.

Ce système nécessitera probablement une ventilation mécanique, mais celle-ci est toujours installée maintenant sur les navires de guerre et on l'emploie dans les cas urgents, par exemple, pour le combat. Il y a toutefois à examiner si on ne pourrait l'établir avec la ventilation naturelle; cela dépendra peut-être des conditions d'installation de chaque navire. En tout cas, il ne paraît pas douteux que ce qu'on tentera pour améliorer, par l'application des moyens proposés, la ventilation naturelle ne pourra que profiter au confort et à la santé des chauffeurs.

On est souvent étonné de voir combien les idées théoriquement les plus justes sont quelquefois méconnues même par des esprits distingués. Dans la construction d'un grand tunnel alpin, les hommes souffraient de la chaleur, bien que celle-ci ne s'élevât pas au-dessus de 32° C., température bien inférieure à celle des chambres de chauffe. On essaya d'abord d'amener des charretées de glace dans les galeries pour rafraîchir l'atmosphère. L'effet fut d'accroître immédiatement le malaise des ouvriers en augmentant la saturation relative de l'air. On essaya alors d'un système tout opposé ; on apporta de la chaux vive pour produire une dessiccation relative de l'atmosphère, mais la chaleur augmenta d'une manière intolérable. On a, au contraire, comme on l'a vu plus haut, obtenu en Angleterre d'excellents résultats en chauffant préalablement l'air et en le projetant directement sur le corps des ouvriers.

L'Institution of Mechanical Engineers. — L'Institution of Mechanical Engineers, une des grandes sociétés anglaises d'ingénieurs, dont le siège est à Londres, après avoir été d'abord à Birmingham, comptait, à la fin de 1894, 2 222 membres de toute classe contre 2 157 à la fin de l'année précédente. Les 153 admissions de 1894 n'ont donc donné, après défalcation des décès et démissions, qu'un gain net de 65.

Les recettes de l'exercice se sont élevées à un total de 177 000 *f* en nombre rond, dont 5 300 *f* pour les droits d'admission, 137 900 *f* pour les cotisations, 24 000 *f* pour les intérêts des fonds placés, etc.

Les dépenses ont atteint le total de 132 000 *f*, laissant par conséquent un boni de 45 000 *f*. Les principaux chapitres des dépenses sont : impression et gravure, 27 500 *f*, personnel, 52 000 *f*; loyer de l'installa-

tion, 17 750 *f*; dépenses relatives aux sessions, 12 000 *f*, subventions pour recherches et expériences, 6 000 *f*.

La fortune de l'Institution s'élève à 980 000 *f*, dont 70 000 *f* en dépôts, 860 000 *f* en placements, généralement des obligations de chemins de fer; le mobilier, bibliothèque, collections, etc., sont évalués à 40 000 *f*.

Au point de vue des catégories de membres, la division est la suivante : des membres proprement dits qui payent une cotisation annuelle de 75 *f* et un droit d'admission de 50 *f*; des membres associés dont la cotisation annuelle est de 62,50 *f* et le droit de 25 *f*. La distinction entre ces deux catégories est assez vague, c'est une question en quelque sorte de notoriété et de position sociale. Après viennent les associés, catégorie qui correspond à celle qui porte le même nom dans notre Société ; ils payent 62,50 *f* par an et 25 *f* en entrant, et ce qu'on appelle les *graduates*, qui sont des aspirants et qui payent une cotisation annuelle de 37,50 *f* sans droit d'admission. Ces aspirants, qui peuvent être admis à partir de l'âge de dix-huit ans, doivent, à celui de vingt-six ans, opter pour une autre catégorie s'ils veulent continuer à faire partie de l'Institution.

Il est utile de rappeler que l'Institution of Mechanical Engineers ne tient pas, comme notre Société, des séances régulières et fréquentes, mais seulement des sessions, au nombre de trois ou quatre par an, lesquelles ont lieu tantôt à Londres, tantôt dans quelque grand centre industriel du Royaume-Uni, et même quelquefois de l'étranger.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Octobre 1895.

Revue des travaux publics, par M. A. Moreau. — La nouvelle usine d'épandage de Colombes. — Le tunnel de Blackwall. — Le canal de Chicago.

La première partie de cette revue décrit les diverses parties du système de l'épandage des eaux d'égout qui, commencé à Gennevilliers, va actuellement jusqu'à Achères, et notamment l'usine installée à Colombes pour reprendre les eaux venant de Clichy et les envoyer à Achères.

Ces eaux sont reçues dans des bassins de dégrossissage, où se déposent les matières en suspension qui n'ont pu être arrêtées à Clichy ; elles subissent ensuite une sorte de filtrage sur des grilles à barreaux espacés de 16 *mm*, qui sont constamment nettoyés par des râteaux mus mécaniquement. L'usine élévatoire se compose actuellement de quatre groupes de chaudières, machines et pompes à piston, pouvant élever 500 *l* par seconde à 42 *m*.

Immédiatement à la sortie de l'usine de Colombes, se trouve le pont-aqueduc d'Argenteuil, comprenant trois travées, dont deux de 67 *m* et une centrale de 70 *m*. C'est un pont en arc en acier sur piles et culées en maçonnerie fondées à l'air comprimé et descendues jusqu'au calcaire grossier, soit à 8 *m* environ au-dessous de l'étiage. Ce pont supporte les quatre conduites en acier de 1,10 *m* de diamètre dans lesquelles l'eau est refoulée.

Le tunnel de Blackwall, sous la Tamise, est en exécution ; il aura 8,23 *m* de diamètre intérieur et une longueur de près de 1 500 *m*, sans compter les approches en tranchées, dont 369 *m* environ sous le fleuve. Le tunnel proprement dit est formé d'anneaux de fonte de 40 *mm* d'épaisseur minima, boulonnés les uns aux autres par des brides intérieures.

L'avancement se fait au moyen d'un bouclier avec chambres à air comprimé ; ce bouclier pèse 233 *t* ; il est poussé par des vérins hydrauliques.

On a commencé par l'établissement de puits de 12 *m* environ de diamètre par lesquels a été introduit le bouclier. Le premier anneau du tunnel a été posé en juin 1893 ; on a actuellement terminé 300 *m*, malgré des difficultés qui ont amené plusieurs interruptions des travaux, mais sans jamais compromettre la marche de l'entreprise. On évalue la dépense totale de l'ouvrage terminé à 6 millions de francs.

Le canal de Chicago a pour objet de relier la ville de ce nom au Mis-

sissipi, dans le double but d'en faire un canal d'assainissement et un canal de navigation. La longueur totale est de 52 800 *m;* la largeur varie, suivant la nature des terrains traversés, de 50 à 60 *m* au plafond, et de 60 à 88 *m* à la surface; le tirant d'eau est de 7 *m* à 7,80 *m*. Avec quelques travaux complémentaires, on pourra obtenir une ligne de grande navigation de 2 400 *km* entre Chicago et le golfe du Mexique.

La note dont nous nous occupons signale un certain nombre d'appareils intéressants employés sur ces travaux, tels qu'élévateurs, dragues flottantes, systèmes d'enlèvement des déblais, transporteurs de divers genres, etc. La plupart de ces appareils sont décrits avec les figures nécessaires pour en faire comprendre la disposition et les principaux détails.

La poudre sans fumée ou pyrocollodion de M. Mendeleef, note M. P. Konindjy (extrait du *Journal de la marine russe*).

Les recherches de M. Mendeleef l'ont amené à obtenir un nouveau collodion, qui se dissout comme le sucre dans un excès d'alcool et d'éther, mais qui est complètement insoluble dans l'alcool pur. Ce collodion a reçu le nom de *pyrocollodion.* Cette découverte a été le point de départ de celle d'une poudre sans fumée bonne pour les canons de gros calibre de la marine. Cette poudre a d'ailleurs été trouvée applicable à toutes les armes à feu. La note décrit en détail les essais qui en ont été faits et les résultats obtenus; elle fait observer notamment que, lorsqu'on construira les canons conformément aux propriétés de la poudre de pyrocollodion, on sera en mesure d'obtenir des vitesses initiales encore inconnues dans l'artillerie de terre et de mer.

Fabrication industrielle de l'air et de l'oxygène liquides, par M. Linde (extrait du *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*).

Voici le principe du procédé. L'air, aspiré par un compresseur, est refoulé dans un refroidisseur à circulation d'eau qui en abaisse la température à 10° environ; de là il se rend, par un second refroidisseur et une soupape d'étranglement, dans un récipient d'où il sort refroidi par sa détente à — 13°, et revient au compresseur en circulant autour d'un dernier réfrigérant.

La circulation indéfinie de cette même masse d'air, à laquelle sa détente emprunte sans cesse du calorique, finit par abaisser sa température au-dessous de — 140°, à partir de laquelle une partie de cet air se liquéfie et est remplacé par de l'air neuf. On obtient ainsi facilement plusieurs litres d'un liquide bleuâtre contenant 70 0/0 d'oxygène au lieu des 21 0/0 que contient l'air à l'état gazeux. Cela tient à ce que l'azote s'échappe en ébullition de l'air liquide plus vite que l'oxygène ou à la différence des points d'ébullition de ces deux gaz.

M. le professeur Schröter, de Munich, qui a expérimenté le procédé Linde, estime qu'un travail de 1 *ch* permettrait d'obtenir par heure 1 m^3 d'air à 70 0/0 d'oxygène, et qu'on pourrait réduire ce travail avec certaines modifications consistant à utiliser le travail du gaz riche en azote qui s'échappe de l'appareil.

Note sur **le bitume de naphte,** par M. P. Konindjy.

On emploie actuellement à Bakou un procédé d'extraction du goudron, bitume et vernis de naphte dû à M. Adiassèwitch. On opère sur les résidus acides, auxquels on fait subir une distillation à haute température ; on introduit sous la masse de l'air chaud et on fait agir un courant électrique,

En continuant ce traitement pendant un temps suffisant, on obtient le bitume solide. Un appareil commandé par une machine de 16 *ch* permet d'obtenir environ 40 000 *kg* de bitume par jour. Ce produit a son application dans la fabrication de l'asphalte, des vernis, des étoffes imperméables, de l'ébonite, etc. L'utilisation de leurs dérivés de la série aromatique a également une importance considérable.

Fabrication des petits lingots d'acier, par M. R. Smith Casson (extrait des publications de l'*Iron and Steel Institute).*

Il y a intérêt à pouvoir couler économiquement et sans soufflures de petits lingots d'acier dans les usines mêmes qui ont à les employer. La note décrit deux méthodes propres à remplir cet objet: le moule Turner, qui peut recevoir 108 lingots de 125 × 125 × 500 *mm*, pesant chacun 59 *kg*, et provenant de la coulée de 6,5 *t* d'acier dans le moule central, et le moule Smith Casson, formé de deux parties réunies par des boulons à clavettes et constituant une sorte de lingotière, reliées entre elles par un filet de métal fondu qui se brise par le refroidissement.

L'acier au nickel, d'après M. Wiggin (extrait des publications de l'*Iron and Steel Institute).*

Cette note donne des renseignements sur quelques résultats obtenus avec de l'acier au nickel.

Ainsi, l'emploi de cet acier sur les chaudières du croiseur américain *Chicago* a indiqué une supériorité de cette matière au point de vue des corrosions.

De plus, il se prête facilement au travail d'emboutissage et de pliage, de forge et d'étampage. Pour les tôles de navire, l'emploi de l'acier au nickel permettrait de réduire le poids des coques. Il est employé également avec avantage pour les canons et les plaques de blindage. On a fabriqué ces trois dernières années, aux États-Unis, environ 70 000 *t* d'acier au nickel. On aurait obtenu en Allemagne un acier à 15 0/0 de nickel présentant une résistance de 170 *kg* par millimètre carré.

Distribution de force par l'eau sous pression, par M. E.-B. Ellington (extrait des publications de l'*Institution of Mechanical Engineers).*

Il existe des distributions de force par l'eau sous pression dans un certain nombre de villes anglaises ; il en existe également à Anvers et à Sydney.

La note dont nous nous occupons donne des indications intéressantes sur ces installations et sur quelques-uns de leurs détails, tels que conduites, joints, compteurs d'eau, applications de la force, résultats éco-

nomiques, etc. A Londres, la puissance hydraulique revient à 0,30 *f* par cheval effectif et par heure ; pour les très petites forces, il paraît difficile de descendre plus bas.

Programme d'un **concours ouvert par l'Association des Industriels de France** pour la création d'un appareil de cabinets d'aisance.

Les pièces relatives à ce concours devront être adressées avant le 31 décembre 1895, au Président de l'Association, 3, rue de Lutèce, à Paris.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Aout 1895.

Barèmes destinés à faciliter le **calcul des ponts métalliques** à une ou plusieurs travées, par MM. Dupuy, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, et Cuenot, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce mémoire forme le cinquième fascicule du rapport de la mission spéciale confiée à M. Dupuy pour étudier les conditions de résistance des ouvrages métalliques.

Le fascicule d'août contient seulement la première partie de l'étude, celle qui concerne les poutres reposant sur deux appuis et traite successivement des appuis, de l'effort tranchant et du moment fléchissant dont il rappelle les formules d'établissement.

Pour faciliter les calculs, qui sont généralement très laborieux, les auteurs ont établi des barèmes qui permettent de calculer immédiatement ces éléments correspondant à un train nettement défini et à une position déterminée de la première roue de ce train par rapport à la travée. Il y a un très grand nombre de ces barèmes pour correspondre à tous les cas qui peuvent se présenter dans la pratique. Nous croyons qu'il suffit de signaler l'importance et l'utilité de ce travail et à y renvoyer ceux de nos Collègues que la question intéresse spécialement.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Aout et Septembre 1895.

Séance du 10 août 1895.

Cette séance a été consacrée à la visite de l'usine de la Société électrique de la Loire à Saint-Victor-sur-Loire.

Cette usine, située à proximité de la gare de Saint-Victor de la ligne de Firminy à Saint-Just-sur-Loire et raccordée à cette ligne, comprend

d'abord trois groupes dont chacun se compose d'une turbine de 300 *ch*, d'une dynamo à courant triphasé, d'une dynamo excitatrice et d'un transformateur amplificateur de tension élevant la tension de 50 à 3 000 volts. Deux de ces groupes sont en outre munis d'un moteur à vapeur de 300 *ch* pour lesquels cinq générateurs à vapeur sont installés sous un hangar, à côté du bâtiment principal. Le courant triphasé à haute tension est distribué par quatre conducteurs aux divers points de consommation. Ces points sont au nombre de trois : le premier dessert Firminy et des localités sur la route ; le second, Roche-la-Molière, Villars et La Talaudière ; le troisième, Saint-Rambert, Saint-Galmier, etc.; dans cette dernière direction, le courant est porté jusqu'à 23 *km* de l'usine.

Arrivé à destination, le courant triphasé a sa tension abaissée à 120 volts et sert indistinctement a l'éclairage et à la production de la force motrice chez les particuliers.

Cette force motrice est fournie à raison de 11 *f* par mois et par métier pour les métiers à tisser. La lumière électrique est fournie à raison de 24 à 26 *f* par an et par lampe de 10 bougies.

La note entre dans des détails circonstanciés sur les divers appareils de cette intéressante installation. Il nous suffira d'indiquer que les turbines sont du type Hercule, et débitent au maximum 3 790 *l* sous une chute de 8,50 *m* à 9 *m* ; les moteurs à vapeur des machines compound de Biétrix à distributeur rotatif, les chaudières des générateurs tubulaires à bouilleurs inférieurs de Biétrix et une chaudière à tubes du type Mac-Nicol; les dynamos sont des machines d'Œrlikon, à enroulement induit fixe et à inducteur tournant, etc.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 7 Juin 1895.

Séance du 7 avril 1895.

Communication de M. Wenckebach sur l'entretien des ponts en fer et les moyens propres à combattre l'oxydation. L'auteur examine les effets des peintures de diverses compositions et donne des indications pratiques sur les assemblages et modes de construction à éviter au point de vue de la difficulté de visite et d'entretien. Ce sujet est traité avec une véritable compétence, l'auteur étant chargé de la surveillance et de l'entretien des ouvrages métalliques d'une grande Société de chemins de fer. Le sujet est, d'ailleurs, d'une grande actualité. Comme il est impossible de résumer ce travail, M. de Koning renvoie ceux de nos Collègues que la question peut intéresser au mémoire lui-même et aux planches qui l'accompagnent.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Livraison du 29 Juin 1895.

Description de quelques ponts des lignes de la Société des chemins de fer du Transvaal, par MM. Schroeder, Von der Kolk et Loudon.

Il s'agit de trois ponts de chemins de fer de 7×30, 3×31.60 et 6×35 *m*. On trouve des détails sur la mise en place de ces ouvrages dans une contrée où les moyens ordinaires font défaut.

L'entretien des routes en gravier par M. Marinkelle. L'auteur étudie avec détails la construction et l'entretien des routes en macadam et en gravier dans les provinces rhénanes, et applique les conclusions de ses études à ce qui se passe en Hollande. Il préconise surtout l'emploi de rouleaux compresseurs à vapeur pour ces routes.

Livraison du 6 Septembre 1895.

Communication de M. Von Ysselsteyn sur l'installation de l'éclairage électrique et des transmissions d'énergie à Rotterdam.

L'auteur, qui est Ingénieur de la ville, décrit les installations que celle-ci a faites dans ces derniers temps pour l'éclairage et la distribution de force dans ses établissements maritimes, quais, etc. Ces installations ont coûté 16 millions de francs; les appareils mécaniques ont été fournis par la maison Siemens et Halske, de Berlin, qui avait fait la soumission la plus avantageuse sur le cahier des charges établi.

Communication de M. Symons sur le Congrès d'hygiène de Buda Pest. M. Symons donne, à la suite de son mémoire, quelques renseignements sur le sujet des Ingénieurs spéciaux chargés du service du chauffage attachés à quelques administrations communales en Allemagne.

Observations de M. Pennink sur la catastrophe de Bouzey.

Livraison du 13 Septembre 1895.

Communication de M. H.-C. Bosscha sur Wyle Adams, Ingénieur hollandais du XVII^e^ siécle, qui a établi un transport par câble aérien à Dantzick, dès l'année 1644.

Note de M. Tutein Nolthenius sur ses recherches au sujet de la résistance des plaques Monier (béton sur treillage en fer).

Note de M. Wortmann sur le système Villa pour la défense des berges (briques perforées et reliées par des fils de fer).

Livraison du 9 Novembre 1895.

Séance du 10 septembre 1895.

Communication de MM. Van den Thoorn, du Croix et Baucke sur le port d'Ymuiden.

Il s'agit d'une description des travaux d'entretien du port, des installations électriques pour la manœuvre des grandes portes d'écluses et du port de pêche qui est en construction.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 37. — *14 septembre 1895.*

Historique du développement du tour, par H. Fischer.

Les croiseurs de la marine des Etats-Unis, *New-York* et *Columbia*, par Fr. Uthemann.

Discussion sur le concours ouvert pour l'établissement d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetszche.

Machines agricoles à la VIII[e] exposition de la Société allemande d'agriculture, à Berlin, en juillet 1894, par Grundke *(suite)*.

Frottement des engrenages, par M. Kohn.

Disposition des presse-étoupes, par Fr. Giesecke.

Groupe de Hambourg. — Les accidents de fabrique et leur prévention. — Combustion spontanée du charbon dans les navires et les moyens de la prévenir.

Bibliographie. — La fabrication de la farine, par F. Kick.

N° 38. — *21 septembre 1895.*

La lutte entre la cuirasse et le canon, par W. Stercker.

Les croiseurs de la marine des États-Unis, *New-York* et *Columbia*, par F. Uthemann *(suite)*.

Les machines agricoles à la VIII[e] exposition de la Société allemande d'agriculture, à Berlin, en juillet 1894, par Grundke *(fin)*.

Expériences sur les chaînes laminées sans soudure de Klatte.

Bibliographie. — Théorie des courants alternatifs par les procédés graphique et analytique, par F. Bedell et A.-C. Crohn.

Variétés. — Revue. — Exposition d'électricité à Carlsruhe. — Coup d'œil sur le fonctionnement des écoles techniques supérieures de l'empire allemand pendant le semestre d'été de 1895.

Correspondance. — Expériences de rendement sur des moteurs à pétrole.

N° 39. — *28 septembre 1895.*

Expériences sur le procédé de Linde pour la production de l'oxygène au moyen de l'air liquéfié, par M. Schröter.

La lutte entre le canon et la cuirasse, par W. Stercker *(fin)*.

Conférence internationale pour l'unification des méthodes d'essais de résistance des matériaux de construction, tenue à Zürich.

Groupe de Berg. — Usine à gaz de Barmen-Rittershausen.

Groupe de Hesse. — Explosions de chaudières.

Groupe de Mannheim. — Distribution par tiroirs pour machines-tandem.

Bibliographie. — Rapport officiel de la Commission autrichienne sur l'Exposition de Chicago en 1893, par H. von Lithow. — Outils et machines-outils à l'Exposition de Chicago, par J. Pechan.

Correspondance. — Pompes à vide et à compression à tiroirs.

N° 40. — *5 octobre 1895.*

Théorie, construction et rendement des turbines à vapeur, par L. Klein.

Discussion sur le concours ouvert pour la construction d'un pont fixe sur le Rhin, entre Bonn et Benel, par A. Zschetszche *(fin)*.

Machine à percer les trous de rivets des chaudières, par H. Fischer.

Variétés. — Revue. — Importation et exportation de machines et matériel de chemins de fer pour l'Union douanière allemande en 1894.

N° 41. — *12 octobre 1895.*

Aperçu sur la situation actuelle de la construction des chemins de fer, par G. Barckhausen.

La distribution d'eau aux États-Unis, par F. Kreuter.

Estimation des dépenses d'exploitation des installations électriques, par W. Lynen.

Correspondance. — Appréciation de la valeur d'une chaudière à vapeur.

N° 42. — *19 octobre 1895.*

Notice nécrologique sur Eugène Langen (inventeur du moteur à gaz Otto et Langen).

Coup d'œil sur la situation actuelle de la construction des chemins de fer, par G. Barckhausen *(fin)*.

La distribution d'eau aux États-Unis, par F. Kreuter *(suite)*.

Théorie du régulateur centrifuge à pendule, par O. Schneider.

Variétés. — Explosions de chaudières dans l'empire allemand en 1894.

Correspondance. — Pompes à grande vitesse pour condenseurs.

N° 43. — *26 octobre 1895.*

Nouveaux chemins de fer sur route, par Eugène Brückmann.

Décisions récentes dans la question de la protection des marques de fabrique, par C. Fehlert.

Théorie du régulateur centrifuge à pendule, par O. Schneider *(suite)*.

Utilisation de la vapeur provenant du chauffage dans le réservoir intermédiaire des machines compound, par F. Knüttel.

Travaux de consolidation sur le chemin de fer local de Bukowina.

Variétés. — Explosions de chaudières dans l'empire allemand en 1894 *(fin)*.

N° 44. — *2 novembre 1895.*

Progrès dans l'épuration des eaux, par Ph. Forchheimer.

Pompe auxiliaire à action directe, pour eau ou air, avec régulateur d'expansion, par H.-A. Hulsenberg.

Nouveaux chemins de fer sur route, par Eugène Brückmann *(suite)*.

Usines métallurgiques, par C. Schaubel.

Groupe de la Lenne. — Thermoscopes doubles.

Groupe de Magdebourg. — Construction des indicateurs.

Bibliographie. — Il Codice Atlantico, manuscrit de Léonard de Vinci. — Introduction à l'enseignement de l'électricité, par B. Kolb.

Variétés. —. Système Schmidthauer pour le fonçage des puits dans le sable.

BIBLIOGRAPHIE

Cours de mécanique appliquée aux machines, par M. J. Boulvin, Ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées, ancien élève de l'École d'application du génie maritime de France, Ingénieur des constructions navales de l'État belge. — E. Bernard et C^ie^, imprimeurs-éditeurs, 53 *ter*, quai des Grands-Augustins, Paris.

MM. Bernard et C^ie^ ont bien voulu offrir à la bibliothèque de notre Société ce qui a paru jusqu'ici, soit cinq fascicules, de cet ouvrage très important, qui n'est autre que le cours professé par l'auteur à l'École spéciale du génie civil de Gand et sur lequel nous croyons devoir appeler l'attention de nos collègues. Nous passerons successivement en revue ces cinq fascicules en donnant une idée sommaire de leur contenu et de l'esprit dans lequel les matières y sont traitées.

L'auteur, ainsi qu'il l'expose au début de son travail, n'a pas cru devoir, dans l'étude générale de la mécanique appliquée aux machines, déroger au système généralement adopté et qui consiste à grouper les machines d'après l'usage auquel elles sont destinées, en les examinant au double point de vue de leur composition et de leur effet utile. On sait que quelques esprits distingués, parmi lesquels Reuleaux, considèrent comme plus rationnel de commencer une étude de ce genre par l'exposé synthétique des procédés très nombreux que l'on trouve réalisés dans les machines, pour soumettre ensuite ces systèmes à une analyse physique et mécanique, permettant de déterminer les circonstances les plus favorables à leur bon fonctionnement.

Nous ne saurions blâmer l'auteur de ne pas s'être laissé tenter par ce que cette méthode peut avoir de séduisant au premier abord et d'avoir conservé la méthode ordinaire, peut-être moins rationnelle en théorie, mais à laquelle on est habitué.

Le premier fascicule est consacré à la théorie générale des mécanismes ; il contient l'équation générale des machines, l'étude des résistances passives, celle de l'équilibre des machines soumises à ces résistances, des régulateurs du mouvement, volants et régulateurs de divers genres, et se termine par un chapitre des plus intéressants, qui est relatif à la mesure expérimentale du travail des forces et de la puissance des machines. On y trouve décrits et étudiés les dynamomètres, freins, indicateurs, etc., des divers systèmes, y compris les plus récents et les plus perfectionnés. Cette partie, très remarquablement traitée, prépare utilement à l'étude des suivantes.

Le second fascicule contient ce qui est relatif aux moteurs animés, aux récepteurs hydrauliques et aux récepteurs pneumatiques Il est très naturel que les récepteurs hydrauliques occupent la plus grande partie de ce fascicule, les autres moteurs n'ayant, surtout à l'heure actuelle, qu'un intérêt un peu secondaire. Les roues hydrauliques et turbines des divers systèmes, et les machines à colonne d'eau sont étudiées avec tous les détails nécessaires en ce qui concerne la disposition, les calculs d'établissement, l'effet utile, les avantages et inconvénients, etc.

Le troisième fascicule donne la théorie des machines thermiques. Il était, en effet, nécessaire de faire précéder l'étude pratique des moteurs thermiques de l'étude générale des lois qui régissent la transformation de la chaleur en travail. L'auteur, comme il l'expose au début de cette partie, ne s'est nullement proposé d'écrire un traité complet de thermodynamique ; il s'est seulement proposé d'établir rapidement les théories fondamentales rigoureusement nécessaires en vue des applications et d'étudier également les principaux moteurs thermiques et les appareils frigorifiques en s'aidant, autant que possible, des méthodes graphiques avec lesquelles l'Ingénieur se familiarise facilement.

Dans cette troisième partie sont passées en revue les principales lois de la thermodynamique générale, la question très importante de l'écoulement des fluides, l'étude théorique des machines à air chaud, celle des machines à vapeur et enfin celle des machines pour la production du froid.

Le quatrième fascicule commence l'étude détaillée de l'emploi de la vapeur comme force motrice et est consacré à celle de la production de la vapeur. Cette étude débute par l'examen de la production de la chaleur, comprenant les combustibles, la combustion, les circonstunces dans lesquelles celle-ci se produit et les appareils où elle est réalisée; puis vient l'utilisation de la chaleur ainsi développée, c'est-à-dire, dans l'espèce, la vaporisation qui comprend la transmission de la chaleur, le chauffage progressif qui trouve son application dans les rechauffeurs, le rendement et la manière de l'apprécier : formules de Rankine, de Redtenbacher, de Macfarlane Gray, etc., les essais et résultats. Les dispositions générales des générateurs, l'alimentation, les prises de vapeur et canalisations, les appareils de sûreté et enfin les causes de destruction des chaudières, les explosions, les mesures de sécurité, font l'objet des autres chapitres de cette quatrième partie.

Le cinquième fascicule continue l'étude de la vapeur par son utilisation comme force motrice; il est, en effet, entièrement consacré aux machines à vapeur. L'étude de ces moteurs est assez importante en elle-même pour qu'on puisse y consacrer des ouvrages spéciaux; pour pouvoir traiter cette question d'une manière suffisamment complète dans un fascicule d'un traité général de mécanique appliquée aux machines, l'auteur a dû nécessairement faire un choix entre les moteurs et se borner à examiner ceux dont les dispositions présentent un intérêt de principe. Aussi ne doit-on pas, comme on pourrait le faire faute d'avoir été prévenu, s'étonner de voir passer sous silence certaines machines très connues et d'une réputation parfaitement justifiée, et mentionner par contre d'autres moins importantes industriellement, mais présentant quelques particularités plus utiles à connaître.

Le premier chapitre de cette cinquième partie examine les dispositions d'ensemble des machines avec les distinctions basées, soit sur le mode d'action de la vapeur, machines à piston, rotatives et à réaction, soit sur la vitesse de rotation, machines à vitesse ordinaire, machines à grande vitesse, soit enfin sur d'autres caractères, machines semi-fixes, machines locomobiles et moteurs pour la petite industrie.

Le second chapitre donne la théorie dynamique de la machine à va-

peur et sa classification au point de vue du travail intérieur du fluide moteur, machines monocylindriques, machines de Woolf, machines compound, machines à triple et quadruple expansion, rendement organique, limite de la détente, enveloppes, etc.

Le troisième chapitre est consacré à la très importante question de la distribution de la vapeur, aux divers organes par lesquels on l'effectue et aux procédés divers par lesquels on met ces organes en mouvement; on sait que cette partie de la construction des machines à vapeur a été, de tout temps et surtout depuis vingt ou vingt-cinq ans, le terrain favori sur lequel se sont exercées les recherches des inventeurs; aussi ne s'étonnera-t-on pas de l'importance donnée à cette question et du soin avec lequel elle se trouve traitée.

Le chapitre quatrième parle des régulateurs et le cinquième des servomoteurs. Enfin, le sixième et dernier est consacré à l'étude des condenseurs et de la pompe à air.

Cette nomenclature, à laquelle le peu de place dont nous disposons ici nous a empêché de donner le développement convenable, suffira, nous l'espérons, à donner une idée suffisante de l'importance de l'ouvrage dont nous nous occupons. Il doit être, d'ailleurs, complété par trois autres parties : les machines à déplacer les fluides, soit pompes, ventilateurs, etc.; les machines servant aux transports, locomotives et bateaux à vapeur, et le transport du travail à longue distance, comprenant les applications de l'air comprimé et de l'eau sous pression, les appareils de levage, ascenseurs, etc.

Nous ne doutons pas que ces parties ne présentent le même intérêt que celles que nous venons de présenter à nos collègues.

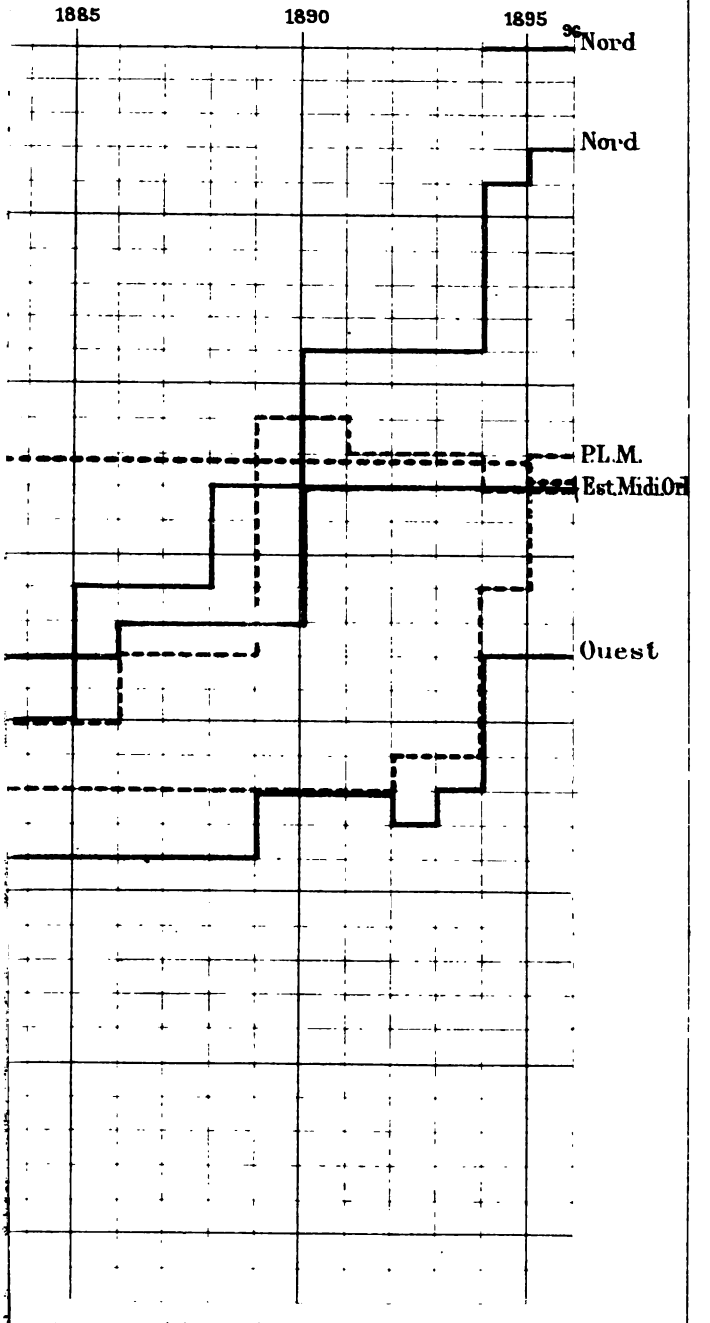
M. Boulvin a soin, et nous l'en louons grandement, d'indiquer les sources auxquelles il a puisé ses renseignements, ce qui permet de s'y reporter pour des développements que, souvent, le cadre de l'ouvrage n'a pas permis d'y introduire. Ces sources sont très impartialement empruntées à la littérature de tous les pays. Nous exprimerons discrètement ici l'opinion que l'auteur ne doit pas suivre régulièrement les publications de notre Société, chose assurément très pardonnable surtout à l'étranger, et nous le regrettons parce que, s'il en eût été autrement, il eût évité quelques omissions ou inexactitudes sans grande importance d'ailleurs, tout au moins dans le volume consacré aux machines à vapeur. On nous pardonnera cette petite critique qui tend à établir que nos publications contiennent quelquefois des renseignements qu'on chercherait inutilement ailleurs.

Le *Cours de mécanique* de M. Boulvin est largement illustré de 900 figures dans le texte et de plusieurs planches.

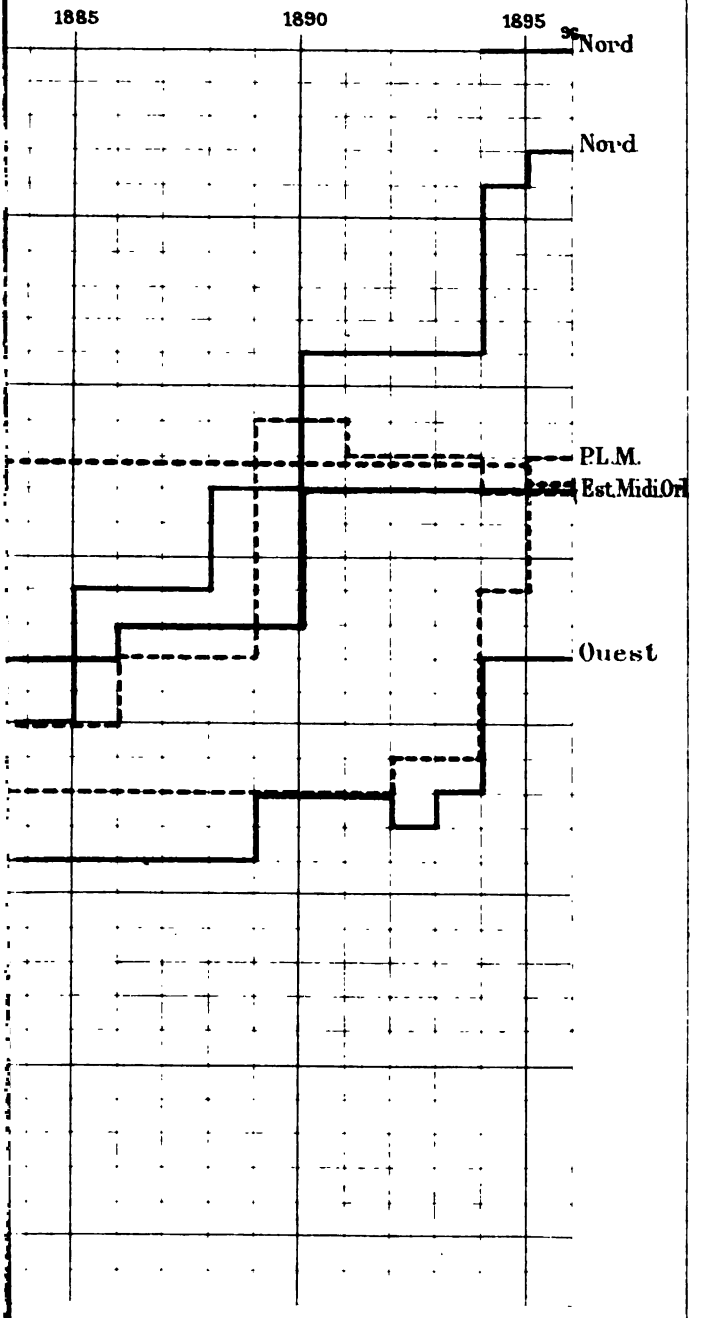
Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :
A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,
A. de Dax.

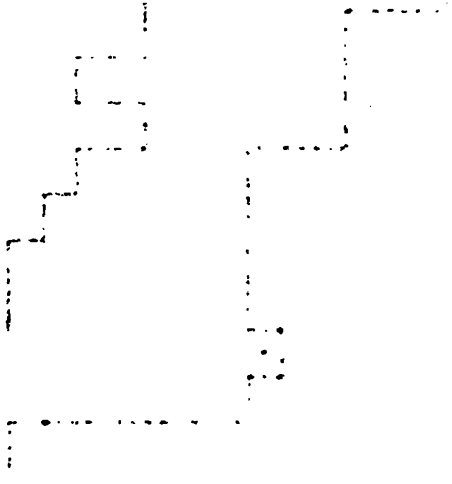
IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 24016-11-95. — (Encre Lorilleux).



es vitesses ont été calculées d'aprés le temps alloué pour le
ours total auquel il a été retranché :
°. — La durée des stationnements.
°. — 2' pour prise de vitesse au démarrage et pour amor-
ient à l'arrêt. Il n'a point été tenu compte des bifurcations.



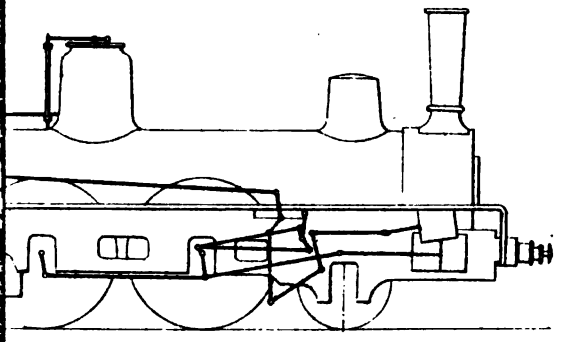
es vitesses ont été calculées d'aprés le temps alloué pour le
ours total auquel il a été retranché :
°. — La durée des stationnements.
°. — 2' pour prise de vitesse au démarrage et pour amor-
ment à l'arrêt. Il n'a point été tenu compte des bifurcations.



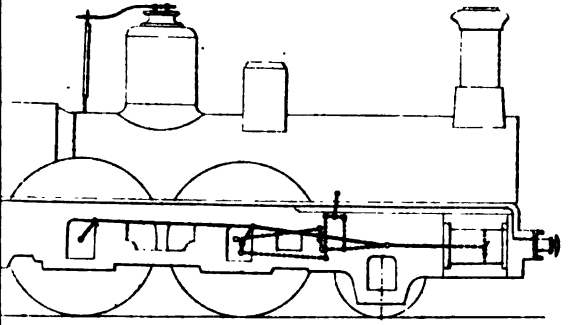
divers

npoun té à grande vitesse.

Orléans



P. L. M



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

DÉCEMBRE 1895

N° 12

Sommaire des séances du mois de décembre 1895 :

1° *Frein électro-pneumatique de M. Chapsal*, par M. G. Lesourd, lettre de M. Walter Strap. (Séance du 6 décembre), page 561;

2° *Décès* de MM. E. Beaudet, E.-A. Boudier, B. Detraux, T. Elwell, J. Bonnaterre. (Séance du 6 décembre), page 562;

3° *Comité de Travaux Publics des colonies pour l'année 1895-1896;* sont nommés membres, MM. J. Fleury, E. Pontzen, E. Cacheux, A. Suais. (Séance du 6 décembre), page 562;

4° *Commission supérieure d'études pour les travaux de colonisation dans l'Afrique du Nord;* M. Ronna en est nommé membre. (Séance du 6 décembre), page 562;

5° *Machine à écrire Dactyle* (Don d'une), par M. de Rochefort-Luçay. (Séance du 6 décembre), page 562;

6° *Adjudication prochaine de travaux publics à exécuter au Brésil et au Mexique;* communiqué du Ministère du Commerce et de l'Industrie. (Séance du 6 décembre), page 563;

7° *Congrès international de chimie appliquée, à Paris, en 1896, organisé par l'Association française des chimistes de sucrerie et de distillerie.* (Séance du 6 décembre), page 563;

8° *Programme des questions mises au concours par la Société Industrielle d'Amiens.* (Séance du 6 décembre); page 563;

9° *Emprunt de la Société pour la construction du nouvel hôtel et répartition de la souscription.* (Séance du 6 décembre), page 563;

10° *Manuel de M. A. Ledebur sur la métallurgie du fer*, ouvrage traduit de l'allemand par MM. Barbary de Langlade et F. Valton, Ingénieur civil des mines. Analyse par M. H. Rémaury. (Séance du 6 décembre), page 563;

11° *Compte rendu de l'ouvrage de M. Schnabel, sur le cuivre, le plomb, l'argent et l'or*, traduit par M. L. Gautier, par M. P. Jannetaz. (Séance du 6 décembre), page 567;

12° *Nouvelles méthodes de calcul rigoureux des piles métalliques et des colonnes en treillis*, par M. L. Langlois et observations de MM. F. Chaudy, E. Monet, J. Durupt. (Séance du 6 décembre), page 569;

13° *Emploi, dans la construction, des briques en verre soufflé*, par M. Falconnier et observations de M. L. Appert. (Séance du 6 décembre), page 573;

14° *Situation financière de la Société* (Compte rendu de la), par M. H. Couriot, Trésorier. (Séance du 20 décembre), page 575;

15° *Élection des Membres du Bureau et du Comité pour l'année 1896.* (Séance du 20 décembre), page 583;

Mémoires contenus dans le Bulletin de Décembre 1895 :

16° *Nouveau frein électro-pneumatique de M. Chapsal*, par M. G. Lesourd, page 585;

17° *Résistance des terrains sablonneux aux charges verticales et à leur propre poids. — Nouvelle théorie générale*, par M. F. Chaudy, page 607;

18° *Notice nécrologique sur M. J.-F. Bonnaterre*, par M. P. Gassaud, page 618;

19° *Notice nécrologique sur M. Ch. Pinel*, par M. A. Vaslin, page 621;

20° *Chronique* n° 192, par M. A. Mallet, page 623;

21° *Comptes rendus* — — page 636;

22° *Table des matières contenues dans la chronique de 1895*, page 646;

23° *Table des matières contenues dans le deuxième semestre du Bulletin de 1895*, page 649;

24° *Table alphabétique par noms d'auteurs des mémoires insérés dans le 2e semestre, année 1895*, page 655;

25° *Planches* n^{os} 154 et 155.

Pendant le mois de décembre 1895, la Société a reçu :

35684 — De la Société technique de l'Industrie du gaz en France. *Société technique de l'Industrie du gaz en France. Compte rendu du 22e Congrès tenu les 17, 18 et 19 juin 1895, à Paris.* Paris, Société technique de l'Industrie du gaz en France, 1895.

35685 — De M. C. Valentini. *Sulle acque del sottosuolo a Nord-Est di Milano.* Nota dell' Ing. Carlo Valentini (in-8° de 15 p. avec 3 pl. et 5 tabl.). Milano, 1895.

35686 — De M. L. Francq (M. de la S.). *Traction mécanique des tramways. Moteurs à vapeur sans feu ou à eau chaude, systèmes L. Francq, Lamm et Mesnard* (grand in-8° de 45 p. avec 1 pl.). Paris, Compagnie continentale d'exploitation des locomotives sans foyer.

35687 — De M. A. Ronna (M. de la S.). *Les desséchements en Angleterre. Endiguements. Colmatage. Polders,* par A. Ronna (grand in-8° de 146 p. avec 2 cartes). Paris, Annales de la science agronomique française et étrangère, 1894.

35688 et 35689 — De M. J. Rothschild, Éditeur. *Causeries scientifiques,* par Henri de Parville. Trentième année 1889-1890. Trente-et-unième année 1890 (2 volumes in-12). Paris, J. Rothschild, 1895.

35690 à 35693 — De MM. E. Bernard et Cie, Éditeurs. *Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du Génie Civil de Gand,* par J. Boulvin. — 1er fascicule. *Théorie générale des mécanismes* (grand in-8° de 233 p. avec 146 fig. dans le texte). — 2e fascicule. *Moteurs animés. Récepteurs hydrauliques. Récepteurs pneumatiques* (grand in-8° de 204 p. avec 140 fig. dans le texte). — 3e fascicule. *Théorie des machines thermiques* (grand in-8° de 343 p. avec 130 fig. dans le texte). — 4e fascicule. *Générateurs de vapeur* (grand in-8° de 238 p. avec 184 fig. dans le texte). Paris, E. Bernard et Cie, 1891 à 1894.

35694 — De l'Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland.* Volume XXXVIII. Thirty-eighth session 1894-1895. Glascow, 1895.

35695 — Du Chief of the Bureau of Steam Engineering. *Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering, 1895.* Washington, 1895.

35696 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Die Genfer Schmalspurbahnen, mit einer Spurweite von einem Meter. Sonderabdruck aus den Mittheilungen des Vereines für die Förderung des Local- und Strassenbahnwesens* (grand in-8° de 19 p.). Wien, 1895.

35697 à 35705 — *Dictionnaire de chimie pure et appliquée, par Ad. Wurtz. — Supplément, 1re partie A-F. 2e partie G-Z.* (2 vol. grand in-8°). — *Deuxième supplément au Dictionnaire de chimie pure et appliquée d'Ad. Wurtz, publié sous la direction de Ch. Friedel. — Tome I, 1re partie A-B. — Tome II, 1re partie C.* (2 vol. grand in-8°). — Tome III, 5 fascicules, 21 à 25. Paris, L. Hachette.

35706 à 35758 — *Encyclopédie chimique de Frémy* (33 vol. reliés et 20 vol. brochés, in-8° raisin). Paris, Dunod.

35759 — Du Comité central des houillères de France. *La question des accidents du travail devant le Sénat,* par H. Darey (in-8° de 40 p.). Paris, Comité central des houillères de France, 1895.

35760 — *Supplément 1891-1895 aux Lois usuelles de Roger et Sorel* (grand in-8° de 83 p.). Paris, J. Garnier, 1895.

35760 bis - De M. Yves Guyot. *Trois ans au Ministère des Travaux publics. Expériences et conclusions* (petit in-8° de 266 p.). Paris, L. Chailley, 1896.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de décembre 1895, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

C. Barbey, présenté par MM. A. Mallet, Paur, Potterat.
M.-A. Durieux, — Desgrange, Gottschalk, Maire.
L.-R. March, — Arquembourg, Damoizeau, Guichard.

Comme Membre associé, M. :

G. Falconnier, présenté par MM. Appert, de Dax, Viennot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 DÉCEMBRE 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT prie M. le Secrétaire de donner lecture de la lettre suivante, adressée par notre Collègue, M. Walter Strapp, au sujet de la communication faite dans la dernière séance par M. G. Lesourd.

« Paris, le 6 décembre 1895.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Je viens vous prier de vouloir bien m'autoriser à faire une légère rectification au procès-verbal de la séance du 22 novembre 1895, ou pour mieux dire, une amplification de ce dernier.

» Tout en félicitant notre Collègue, M. Lesourd, de sa très instructive communication sur le frein électro-pneumatique de M. Chapsal et de la façon très claire et intéressante dont elle nous a été présentée, je dois constater qu'au nombre des appareils purement pneumatiques faisant usage d'accélérateurs pour les trains longs, notre Collègue a omis de citer la valve à action rapide, bien connue, de la Compagnie du Frein à vide.

» D'ailleurs je suis plus ou moins d'accord avec M. Lesourd, lorsqu'il dit, d'autre part, que les appareils pneumatiques à fonctionnement rapide rentrent jusqu'ici dans le domaine purement théorique, et c'est précisément parce que l'appareil de la Compagnie du Frein à vide est, avec l'appareil Westinghouse, non seulement un de ceux qui ont été le plus fréquemment et le plus sérieusement essayés, mais aussi le plus efficacement appliqués, qu'il me semble qu'il eût été opportun d'en faire mention dans la citation à laquelle j'ai fait allusion ci-dessus.

» Les brochures dont j'accompagne ma lettre, et qui se trouvent déjà entre les mains d'un certain nombre de nos collègues, ont trait à la description de la « valve à action rapide de la Compagnie du Frein à

vide », et aux expériences qui ont été faites avec cet appareil sur des trains longs. Ces expériences sont amplement probantes. D'ailleurs il existe d'assez nombreuses applications, notamment aux trains de marchandises des Indes..

» Je dois, en outre, rappeler qu'en 1889, le Ministre des Travaux Publics français envoya en Angleterre une Commission chargée d'assister aux essais officiels du frein à vide à action rapide, sur un train composé de cinquante véhicules. Il faut croire que les résultats de ces essais ont satisfait la Commission, vu que la Compagnie du Frein à vide a partagé avec la « Compagnie Westinghouse » et M. Martin-Dutremblay, les seules médailles d'or qui aient été décernées à des Sociétés de freins.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, etc...

» Walter STRAPP. »

Moyennant cette observation, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues :

M. Edmond Beaudet, membre de la Société depuis 1880, a été sous-directeur de la Compagnie de Fives-Lille, chevalier de la Légion d'honneur;

M. Boudier (E.-A.), membre de la Société depuis 1880, a été constructeur de machines, chevalier de la Légion d'honneur;

M. Detraux (B.), membre de la Société depuis 1878, a été Ingénieur de chemins de fer en France et à l'étranger; il s'est également occupé de touage par câbles métalliques;

M. Thomas Elwell (fils), membre de la Société depuis 1867, a été Ingénieur-constructeur, chevalier de la Légion d'honneur;

M. J. Bonnaterre, membre de la Société depuis 1863, s'est occupé de question de sucrerie (une notice sera insérée au *Bulletin).*

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que MM. J. Fleury, Vice-Président de la Société, E. Pontzen, E. Cacheux et A. Suais, sont nommés membres du Comité des Travaux publics des colonies pour l'année 1895-1896 et que M. A. Ronna a été nommé Membre de la Commission supérieure d'études pour les travaux de colonisation dans l'Afrique du Nord (Algérie et Tunisie).

M. LE PRÉSIDENT est heureux de voir l'importance toujours croissante que prend notre Société dans les Commissions nommées dans les différents ministères; il constate qu'il était impossible de réaliser un meilleur choix que celui des membres qui ont été désignés.

M. LE PRÉSIDENT signale parmi les ouvrages reçus :

Un volume très intéressant qui a été offert par son auteur M. Yves Guyot et a pour titre : *Trois années au ministère des Travaux publics.*

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu de M. de Rochefort-Luçay, qui la fabrique, une machine à écrire qui est sous les yeux de la Société; elle porte le nom de *Dactyle;* elle intéressera certainement

tous ceux qui se servent de machines à écrire. M. le Président remercie M. de Rochefort-Luçay de son offre gracieuse.

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société a reçu du ministère du Commerce et de l'Industrie avis d'une adjudication prochaine de travaux publics à exécuter au Brésil et au Mexique. Les lettres qui s'y rapportent sont déposées au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT fait part de l'annonce du prochain Congrès international de Chimie appliquée qui doit se tenir à Paris en 1896; il est organisé par l'Association française des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie dont notre Collègue M. Ch. Gallois a été plusieurs fois Président. Plusieurs membres de notre Société y ont déjà adhéré et il faut espérer que le nombre en augmentera encore.

M. LE PRÉSIDENT signale l'envoi du programme des questions mises au concours par la Société industrielle d'Amiens; ce programme est déposé au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT demande, avant la présentation des communications, à dire quelques mots de la question de l'emprunt dont a déjà parlé dans la dernière séance le Président M. Fleury. Celui-ci a annoncé que le terrain était acheté et qu'il ne restait plus qu'à construire; notre Société n'ayant pas les ressources suffisantes, il a fallu recourir à la bonne volonté de ses membres. C'est donc à eux seuls qu'a été adressé un appel pour l'emprunt projeté. Celui-ci n'est pas encore clos et reste ouvert jusqu'à demain matin; actuellement les souscriptions atteignent **2 117 000** *f*. Cet emprunt fait sur nous-mêmes est donc couvert plus de quatre fois. *(Applaudissements.)*

En présence de ce résultat, M. le Président adresse les remerciements les plus chaleureux aux membres de la Société qui ont bien voulu l'aider; ils ont donné là une grande marque de confiance au Bureau, au Comité et à la Commission de l'Hôtel qui les en remercient.

L'excès des souscriptions obligera à une réduction; on étudie en ce moment les moyens de réaliser celle-ci au mieux des intérêts des souscripteurs. Cette manifestation crée aux membres du Bureau que vous allez être appelés à nommer, une grande responsabilité. M. le Président ne doute pas qu'ils ne sachent y répondre au mieux des intérêts de la Société.

M. LE PRÉSIDENT prie M. le Secrétaire de lire la communication suivante que son auteur, M. H. Rémaury, ne peut présenter lui-même.

Analyse, par M. H. RÉMAURY, *du Manuel de M. A. Ledebur, sur la métallurgie du fer,* ouvrage traduit de l'allemand par MM. Barbary de Langlade et F. Valton, Ingénieurs civils des mines (1).

Lorsque a paru, en 1867, la traduction de la *Métallurgie* de Percy, par MM. Petitgand et Ronna, la transformation des procédés de fabrication du fer et de l'acier commençait seulement à demander aux recherches chimiques la voie progressive dont les étapes ont été marquées par la publication de nombreux mémoires dans les pays pratiquant en grand

(1) Librairie Polytechnique Baudry et Cie, éditeurs, Paris et Liège.

la sidérurgie. Il était désirable de coordonner ces importants matériaux épars, sans lien ni méthode, dans diverses publications et dans diverses langues, d'en faire une sélection judicieuse et d'en extraire la substance pour en composer un corps de doctrines : tel avait été le but de M. Ledebur, professeur de métallurgie à l'école de Freiberg, en Saxe, en publiant en 1884 un *Manuel théorique et pratique de la métallurgie du fer* qui est devenu classique dans tous les pays de langue allemande. Le succès de cette publication et les progrès accomplis depuis dix ans ont déterminé l'auteur à refondre entièrement son ouvrage dans une seconde édition terminée en 1894. C'est la traduction de cette dernière édition que MM. de Langlade et Valton, Ingénieurs civils des mines, ont entreprise pour les pays de langue latine. M. Ledebur a nettement écarté les procédés que la pratique n'a pas consacrés d'une manière suffisante ; il s'est borné à la description des types de fabrication, établissant dans chaque cas leur raison d'être, les degrés par lesquels ils ont passé, les résultats qu'on en peut attendre ; il est parvenu ainsi à renfermer, dans un nombre de pages qui n'est pas excessif, toutes les connaissances réellement acquises dans la métallurgie du fer et les renseignements nécessaires à ceux qui se vouent à l'étude et à la pratique de cette branche industrielle si complexe.

Les traducteurs ont tenu à conserver, sans en rien distraire, l'œuvre de l'auteur ; ils l'ont complétée sobrement en quelques points, dans le corps même des chapitres, en s'aidant de leur propre expérience. Bien que leurs connaissances théoriques et pratiques leur eussent permis de donner à cet ouvrage un large développement, ils ont jugé plus sage de lui laisser son caractère de manuel qui rassemble, sous un faible volume, toutes les données nécessaires à l'établissement et à la conduite technique d'un établissement sidérurgique.

Un résumé des matières traitées fera comprendre le service rendu par les traducteurs, bien connus par leurs travaux personnels en France et à l'étranger. — MM. Baudry et C^ie^ ont, de leur côté, apporté à l'édition de ce manuel, en deux volumes, tous leurs soins habituels. On trouve, à la fin du deuxième volume, une table des figures et un index alphabétique qui facilitent toutes les recherches.

Première partie. — On a beaucoup discuté depuis vingt ans sur la définition du mot *acier*, et tout récemment une commission pour l'unification des méthodes d'essais des matériaux de construction (métaux, etc.), dont les travaux font autorité en France, a décidé d'appliquer ce terme au fer. plus ou moins doux, obtenu par fusion ; l'auteur du manuel a adopté un autre système de classification qui ne tient nul compte de la méthode employée pour produire le métal, mais seulement de ses propriétés ; c'est ainsi qu'après avoir indiqué comme formant une catégorie à part. les fontes que leur mode de fabrication et des caractères très nets distinguent suffisamment des autres produits de la sidérurgie, il ne donne le nom d'*aciers* qu'aux produits susceptibles de prendre la trempe, qu'ils soient obtenus par soudage comme les aciers puddlés, ou qu'ils proviennent des procédés de fusion ; il conserve la dénomination de *fers* aux produits qui ne sont pas susceptibles de durcir par la trempe, soit que les éléments en soient soudés comme les fers sortant des bas foyers,

des feux d'affinerie ou des fours à puddler, soit qu'ils sortent des creusets, des fours Martin ou des appareils Bessemer ; les fers et les aciers fabriqués par les procédés de soudage se distinguent sans difficulté des autres par la présence de la scorie interposée entre leurs molécules. Elle est la base fondamentale de la classification adoptée par M. Ledebur.

Ceci posé, passant rapidement sur l'historique de la fabrication du fer et de ses dérivés et sur l'état actuel de cette industrie, le manuel présente les notions indispensables au métallurgiste sur l'agent principal auquel il a recours, la *chaleur*, et traite de la combustion, de la réduction, de la transmission du calorique, etc. ; sont considérés comme combustibles, non seulement les corps auxquels on donne communément ce nom, mais aussi les corps qui interviennent dans les réactions, le fer lui-même, le manganèse, le silicium, etc.

Vient ensuite l'étude des combustibles proprement dits, crus, carbonisés ou gazeux, où sont indiqués les derniers perfectionnements des fours à coke et les principaux appareils producteurs de gaz employés dans les usines métallurgiques.

Le chapitre suivant traite des enceintes où ces combustibles sont utilisés, c'est-à-dire des fours, bas foyers, fours à cuve, à réverbère, Siemens et leurs dérivés, des règles qui doivent présider à l'établissement de ces appareils et au choix des matériaux qu'on doit employer, acides basiques ou neutres.

La production du fer sous toutes ses formes est généralement accompagnée de celle de silicates auxquels on donne, suivant le cas, le nom de scories ou de laitiers. Un chapitre spécial est consacré à l'examen de leurs propriétés, dans lequel ont été mis à contribution les remarquables travaux de M. Akerman.

Il reste à énumérer les matières premières de la fabrication du fer, les minerais et les fondants, et leur préparation, cassage, lavage et grillage ; de nombreuses analyses recueillies à des sources certaines, indiquent la composition de chaque catégorie ; on y a compris les scories utilisables et les pyrites grillées qui jouent aujourd'hui un rôle important dans les usines à fonte. La question du grillage est traitée en détail et comprend les plus récents perfectionnements indiqués par M. S. Jordan, tout récemment à la Société des Ingénieurs Civils de France.

Le dernier chapitre de la première partie établit les propriétés du fer et des corps qui l'accompagnent ordinairement ; une part importante est faite aux divers états du carbone qui ont été étudiés spécialement par M. Ledebur, et à la nature des gaz emprisonnés dans le métal ; on s'étonnera peut-être de voir passer sous silence les nombreux travaux entrepris depuis quelques années sur ce qu'on a appelé la *microstructure* du fer. L'auteur a pensé que les résultats acquis ne présentaient pas encore un degré de certitude suffisant, qu'ils prêtaient trop à des interprétations contradictoires pour entrer dans le corps d'un ouvrage didactique. La pratique industrielle n'a, jusqu'à ce jour, tiré qu'un faible parti de ces études plus scientifiques qu'industrielles. Les traducteurs ont cru devoir rester dans la même réserve.

Deuxième partie. — La deuxième partie est consacrée à la fonte et à sa fabrication ; les diverses sortes de fontes, la construction des hauts

fourneaux pour laquelle des règles précises sont indiquées avec exemples à l'appui, les dispositions accessoires pour la conservation des profils, pour la prise des gaz et leur épuration, les souffleries, les appareils à air chaud, les instruments destinés à fournir des indications sur la température du vent et des gaz, les monte-charges, font l'objet des quatre premiers chapitres.

Le cinquième traite exclusivement de la marche des hauts fourneaux et de l'allure qu'on doit leur imprimer pour obtenir une qualité de fonte déterminée avec des matières données; on y trouve d'intéressants détails sur la composition des lits de fusion et une comparaison entre les vitesses réelles d'un certain nombre de hauts fourneaux.

Les produits accessoires de cette fabrication sont énumérés dans le chapitre suivant, ainsi que leur utilisation : gaz, laitiers, cadmies, poussières, etc., enfin, les deux derniers chapitres sont réservés à la seconde fusion dans les creusets, les fours à réverbère et les cubilots, et aux procédés d'épuration de la fonte.

Troisième partie. — La troisième et dernière partie du manuel est consacrée aux produits malléables de la métallurgie du fer. On y décrit d'abord les propriétés caractéristiques des fers et des aciers, l'influence que les corps alliés, les procédés de fabrication, la température de travail, etc., peuvent avoir sur ces propriétés; enfin, les essais chimiques et physiques permettant de les constater et d'apprécier les qualités des produits. Le second chapitre énumère les appareils mécaniques destinés à élaborer le métal brut, marteaux, presses et laminoirs; il indique les avantages et les inconvénients de chacun d'eux.

On aborde enfin la fabrication proprement dite en commençant par les procédés de soudage; les divers procédés directs, au bas foyer, au four à loupes, ceux qui sont désignés par les noms de Siemens, de Chenot, de Blair, etc., sont décrits et discutés tour à tour; les méthodes d'affinage au bas foyer et aux fours à puddler de divers types les plus récents sont mis successivement sous les yeux du lecteur, avec les résultats du traitement.

Le quatrième chapitre est consacré à la fabrication du fer et de l'acier par fusion, et débute par une étude détaillée des propriétés du métal fondu; il envisage la désagrégation, la nature des vides et soufflures constatés trop souvent dans les lingots et les divers moyens de les éviter. L'auteur décrit ensuite la fusion au creuset et ses variantes, le procédé Bessemer et le procédé Martin avec garnissage acide, basique ou neutre, en indiquant pour chacun de ces modes de travail les appareils employés, les réactions qui caractérisent les opérations elles-mêmes, la composition du métal, des scories et des gaz, et enfin les résultats industriels.

Les derniers chapitres traitent de la fonte malléable, produits d'une cémentation oxydante, de la cémentation carburante et, enfin, des fours à souder et à réchauffer que l'on emploie pour préparer les fers et les aciers à recevoir leur forme définitive et marchande.

Il serait inutile d'allonger outre mesure l'analyse de ce manuel qui, pour le moment, est le résumé le plus complet de la métallurgie de la

fonte, du fer et de l'acier. L'auteur et les traducteurs ont rendu un véritable service par cette publication.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Rémaury de l'envoi de cette intéressante note.

Il donne la parole à M. P. JANNETTAZ pour le *Compte rendu de l'ouvrage de M. Schnabel sur le cuivre, le plomb, l'argent et l'or*, traduit par M. le Dr L. Gautier.

M. P. JANNETTAZ se félicite, après le compte rendu qu'a fait M. Rémaury du traité de M. Ledebur, sur la *Métallurgie du fer* d'avoir à parler de celui de M. Schnabel, professeur de métallurgie et de chimie technologique à Clausthal, sur la *Métallurgie du cuivre, du plomb, de l'argent et l'or.*

Cet ouvrage, qui fait en quelque sorte suite au précédent, et a été édité dans le même format que lui par MM. Baudry, rendra également de sérieux services aux métallurgistes.

Cependant, certains points peuvent donner lieu à quelques observations. Le premier est relatif aux indications bibliographiques. Celles-ci sont très peu nombreuses et en particulier les travaux faits en France, semblent peu connus de l'auteur. C'est ainsi qu'au début même du volume, à propos des propriétés du cuivre, une série de résultats est attribuée en entier à M. Hampe, tandis qu'une partie en avait déjà été trouvée par le Colonel Caron et publiée par lui dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences.* Les indications bibliographiques, accompagnées de dates, n'ont pas seulement l'avantage de permettre d'attribuer à chaque auteur la part qui lui revient, elles constituent par leur ensemble une sorte de tableau résumant les progrès ou les transformations qui se sont succédé; lorsque le cadre d'un ouvrage ne comporte pas ces indications, on peut du moins souhaiter d'y voir appliquer cette excellente méthode qui consiste à indiquer, à côté d'un dessin d'appareil dont le type n'est pas invariable, la date de construction.

Il est regrettable également de ne trouver, dans l'ouvrage de M. Schnabel, aucune donnée relative à la thermo-chimie. Celle-ci peut cependant permettre de contrôler, de très près, les conditions suivant lesquelles est réalisé un traitement métallurgique; on se souvient du bel exemple d'application des lois de la thermo-chimie qu'a exposé récemment devant la Société M. S. Jordan dans sa communication sur le grillage des minerais de fer carbonatés.

M. Jannettaz passe ensuite à la partie véritablement technologique de l'ouvrage. Il rappelle les grandes lignes de la métallurgie du cuivre et en particulier les opérations qui constituent la méthode anglaise et la méthode allemande, puis signale les dispositions actuellement adoptées dans la construction des différents appareils qui y sont employés; notamment pour les fours à réverbère servant au grillage, l'allongement des soles qui permet d'y pratiquer les opérations d'une façon continue et méthodique, et pour les fours à cuve destinés à la fusion, la constitution de la partie inférieure du four par une boîte métallique à double paroi, où circule un courant d'eau *(water jacket)*; un autre fait important à signaler est l'emploi du convertisseur pour le traitement des mattes, qu'a pu réaliser M. Manhès en placant les tuyères horizontalement.

Toutes ces questions sont exposées d'une façon très complète par M. Schnabel ; dans le chapitre relatif à l'affinage du cuivre, on pourrait seulement désirer quelques renseignements complémentaires sur les appareils employés. En effet, en France du moins, on se sert de fours à réverbère, chauffés au gaz, qui ont des dispositions intéressantes et applicables également à d'autres opérations, telles que le rôtissage des mattes, (sans parler des opérations que comporte le traitement des métaux autres que le cuivre). Une étude sur ce mode de chauffage aurait été, dans la partie de l'ouvrage consacrée à la méthode anglaise, d'autant plus à sa place qu'il semble résulter, du mémoire si important, publié par Leplay, en 1848, sur cette méthode, que c'est dans sa réalisation qu'a été appliquée pour la première fois la gazéification des combustibles.

M. Jannettaz dit ensuite quelques mots des méthodes de voie humide traitées avec détail par M. Schnabel, puis des procédés électrolytiques et arrive à la métallurgie du plomb. Cette dernière présente de grandes analogies avec celle du cuivre. Cependant, à côté des méthodes de voie sèche, par grillage et réaction et par grillage et réduction, il en est une toute spéciale; c'est la méthode de précipitation par le fer, qui peut, d'ailleurs, être combinée avec la réduction par le charbon. M. Jannettaz suit rapidement l'auteur dans l'étude de ces méthodes, pratiquées depuis de nombreuses années déjà, et si bien étudiées il y a près de trente ans par Gruner. Les appareils seuls se sont modifiés; l'ouvrage en question en contient des types nombreux et en particulier ceux des fours de grillage et de fusion. Il est une question dont on peut se préoccuper dans la métallurgie du cuivre : ce sont les pertes de métal par entraînement; mais cette question a une importance toute spéciale pour le plomb. C'est pourquoi les fonderies de plomb comportent toute une série d'appareils nécessaires à la condensation des fumées. M. Schnabel renvoie pour leur étude à un autre volume où il les a décrites. Le traitement du plomb argentifère est — comme il est naturel — reporté à la partie qui se rapporte à l'argent.

Celle-ci est la plus longue; elle comporte près de trois cents pages. Aussi serait-il impossible dans ce compte rendu de donner seulement l'énumération des procédés divers qui y sont décrits, et signalera-t-on seulement quelques points. L'enrichissement des plombs d'œuvre se fait presque partout au moyen du zingage. Cette méthode consiste à former un alliage triple d'argent, de plomb et de zinc, qui, lorsqu'on en a enlevé le zinc, donne un plomb argentifère pour la coupellation. Les procédés permettant de retirer le zinc et de le récupérer sont très nombreux. M. Schnabel est l'auteur de l'un d'eux, peu répandu, quoique bien combiné et sur lequel il donne des renseignements intéressants. Celui dont l'emploi s'est généralisé consiste à chauffer l'alliage en vase clos, de manière à volatiliser le zinc qu'on peut condenser et recueillir en grande partie. Depuis quelque temps on a cherché à faire un alliage double de zinc et d'argent, en mêlant un peu d'aluminium au zinc avant de l'ajouter au plomb argentifère; c'est le procédé Rœssler et Edelmann. Un autre nom doit également être noté en passant : celui du procédé Russel. Destiné au traitement des minerais d'argent contenant du soufre, de l'arsenic et de l'antimoine, il est basé sur l'action de

l'hyposulfite de soude sur ces combinaisons. Il vient d'être installé tout récemment en France.

La quatrième partie de l'ouvrage est relative à la métallurgie de l'or. M. Schnabel en a fait un exposé comprenant les principes des différentes méthodes déjà appliquées au moment de la publication de son ouvrage en Allemagne. Mais depuis l'an dernier, les procédés de cyanuration suivis au Transvaal sont connus avec plus de détails, et des notes très nombreuses ont paru à leur sujet. Le traducteur a pensé avec raison qu'il était nécessaire de les faire connaître; aussi a-t-il incorporé, en en indiquant l'origine, diverses additions dans le texte même du volume.

M. Jannettaz, qui n'a pu, faute de temps, donner un aperçu de l'état actuel de la métallurgie des métaux en question, peut, du moins, résumer son appréciation sur la façon dont M. Schnabel a traité ce sujet et s'il a cru devoir présenter quelques observations et signaler certaines omissions, il doit aussi dire que celles-ci se rapportent à des points tout spéciaux et que, dans son ensemble, cet ouvrage lui paraît devoir constituer un guide précieux pour les métallurgistes.

Les documents qu'il renferme sont, en effet, très nombreux et beaucoup sont d'une nature particulière : tels les renseignements sur les traitements appliqués dans des usines très diverses, et les appréciations personnelles de l'auteur qui a, paraît-il, accompli plusieurs longs voyages pour se rendre compte par lui-même des procédés dont il parle. La traduction, qui serre de très près le texte, est due à M. le Dr L. Gautier qui s'est fait une spécialité de la traduction d'ouvrages allemands relatifs à la technologie et à la chimie.

Les dessins sont nombreux ; la plupart — ce qui leur donne un véritable intérêt — sont cotés ou accompagnés d'une échelle. Mais plusieurs sont empruntés à des ouvrages où sont employées les unités de mesures anglaises. Ne serait-il pas nécessaire, en pareille circonstance, de donner au-dessous du croquis une échelle double, de façon qu'on ait une graduation en mesures françaises, ce qui éviterait sinon des erreurs, du moins des pertes de temps aux lecteurs?

M. le Président remercie M. Jannettaz de l'analyse quelque peu critique qu'il vient de présenter; il était bien préparé pour la faire par les études qu'il poursuit avec succès sur diverses questions de physique et de chimie appliquées.

L'ordre du jour appelle la communication de M. L.Langlois sur les *Nouvelles méthodes de calcul rigoureux des piles métalliques et des colonnes en treillis*.

M. Langlois commence par exposer qu'il prend la parole pour compléter sa communication écrite, publiée au *Bulletin* de septembre dernier.

Il rappelle d'abord les deux formules générales donnant, dans un treillis, la variation horizontale Δx d'un nœud quelconque; la première de ces formules faisant partie de la théorie habituelle, la deuxième ayant été créée par lui et présentée dans un des bulletins de la Société.

Suivant alors la marche indiquée par M. Maurice Lévy, Membre de l'Institut, dans son remarquable ouvrage sur la statique graphique, il

applique les formules ci-dessus à la solution de la question des treillis à une ou plusieurs barres surabondantes.

Il étend ensuite cette nouvelle théorie des barres surabondantes au calcul d'une poutre en treillis à montants verticaux et à diagonales en croix de Saint-André.

Cela constitue un avant-propos au calcul des piles métalliques à quatre arbalétriers, partie principale de sa communication.

Abordant enfin cette question, M. Langlois rappelle en commençant les méthodes connues, applicables à l'étude des piles métalliques, savoir:

1° La méthode rigoureuse de déformation pyramidale, plutôt indiquée que présentée par M. W. Nordling, et beaucoup trop compliquée;

2° La méthode purement statique de M. Nordling, s'écartant forcément de la vérité;

3° La méthode de l'ellipse centrale (École de Zurich), assimilant les poutres en treillis à des poutres à âme pleine; et, par conséquent, d'autant moins exacte que le treillis est à plus grandes mailles.

Il entre ensuite dans l'étude de ses méthodes personnelles, qui sont:

1° Une méthode rigoureuse, assez laborieuse, qu'il conseille de réserver pour l'étude des grands travaux tels que les piles du pont de Forth;

2° Une méthode très suffisamment approximative, applicable à la plupart des cas.

Dans chacune de ces méthodes, M. Langlois divise les opérations de la façon suivante :

Prenant d'abord les forces dont les résultantes sont dans l'un des plans de symétrie de la pile, il détermine les tensions partielles t' qu'elles provoquent dans toutes les barres du treillis.

Faisant ensuite les mêmes calculs pour les forces de l'autre plan de symétrie, il arrive à de nouvelles tensions partielles t''.

Additionnant algébriquement les tensions partielles t', t'', il obtient enfin la tension totale t, pour chaque élément de la pile.

Dans le calcul de t' et dans celui de t'', il remplace la déformation pyramidale par la déformation plane; ramenant la question à l'étude des effets produits successivement dans une palée longitudinale et dans une palée transversale, ou réciproquement.

Cette manière de faire constitue un artifice de calcul très ingénieux, conduisant :

a) Dans la méthode rigoureuse, à l'appréciation absolument exacte des tensions partielles t', t'';

b) Dans la méthode approximative, à la détermination très suffisamment exacte de ces tensions.

Les avantages de ces nouvelles méthodes sont les suivants :

a') La première conduit à des résultats aussi précis que ceux fournis par la déformation pyramidale, tout en étant beaucoup moins compliquée.

b') La deuxième est tout aussi approximative que la méthode de l'ellipse centrale, beaucoup plus rigoureuse que celle (statique) de M. Nordling, tout en étant moins laborieuse que la première de ces deux méthodes et presque aussi expéditive que la seconde.

M. Chaudy fait observer que, dans la théorie qui vient d'être présentée, il n'est pas tenu compte de la flexion des brides ni de celle des barres de treillis. La méthode de M. Langlois n'est donc pas absolument rigoureuse, puisqu'il néglige l'effet de la continuité des brides et de la rigidité des assemblages du treillis. Dans un article publié dans le *Génie Civil* en 1889, M. Chaudy a tenu compte de cet effet sur les brides et les treillis des poutres droites. Depuis, il a été amené à perfectionner les formules qu'il a données alors. Ces formules nouvelles et inédites sont les suivantes :

Le travail dans les membrures est représenté par :

$$R = \frac{V(\mu - 2mn)}{I}.$$

Le travail dans le treillis est d'autre part :

$$r = \frac{T}{2n\omega \cos \alpha} + \frac{vm}{i}.$$

On a, d'ailleurs, pour expression du moment fléchissant m qui s'exerce dans chaque barre du treillis :

$$m = \frac{\frac{\mu i}{I} \sin \alpha (1 + \cos^2 \alpha)}{1 + 2n \frac{i}{I} \sin \alpha (1 + \cos^2 \alpha)}.$$

Dans ces formules, les lettres ont les significations que voici :

μ désigne le moment fléchissant au milieu d'un panneau;
T l'effort tranchant au même point;
I le moment d'inertie de l'ensemble des deux membrures;
i le moment d'inertie d'une barre de treillis du milieu du panneau considéré;
ω la section transversale de cette barre;
α son angle d'inclinaison sur la verticale;
V la demi-hauteur de la poutre;
v la demi-largeur de la barre de treillis considérée;
n le nombre de croisements complets de barres situés sur la même verticale.

M. Chaudy ajoute que la ligne moyenne fléchie de la poutre est un polygone funiculaire des forces verticales :

$$\frac{(\mu - 2mn)\, dx}{E\, I}.$$

M. Langlois répond qu'il n'ignore pas l'influence de la continuité des membrures et de la raideur des joints, dans un treillis quelconque : mais il fait observer que ces éléments ont d'autant moins d'influence que la poutre en treillis considérée est à plus grandes mailles. Dans les piles métalliques, ayant 4, 6, 10 et même 30 m de base, le rôle de la continuité des brides et de la raideur des assemblages devient peu considérable.

Ce rôle s'accentue naturellement dans les poutres de faible hauteur.

M. Langlois en est lui-même si bien convaincu qu'il a étudié de son côté cette question, et qu'il se propose de soumettre à la Société les résultats de ses observations.

D'ailleurs, la science officielle ne tient pas compte de ces éléments, et suppose que les barres sont toutes limitées aux nœuds et articulées en ces points.

M. Langlois se croit donc autorisé à appeler rigoureuse sa première méthode de calcul des piles métalliques, cette méthode l'étant vraiment dans l'hypothèse, généralement admise, de l'articulation des barres.

D'un autre côté, il craint que l'introduction de nouveaux éléments dans les calculs présentés par lui ne complique, sans très grande utilité, un problème déjà fort laborieux.

M. Chaudy maintient qu'on ne peut appeler « rigoureuse » une méthode qui néglige des éléments importants du problème. D'autre part, si la théorie de M. Langlois ne permet pas sans complication l'introduction de nouveaux éléments, celle de M. Chaudy, pour les pièces droites, le permet d'une façon on ne peut plus simple comme les formules qu'il vient de donner le montrent bien.

M. Monet, appuyant les observations de M. Chaudy, ajoute que les efforts supplémentaires qui prennent naissance dans les treillis dont les éléments sont rivés entre eux, au lieu d'être liés par des articulations comme le suppose la théorie de M. Langlois, ont, depuis longtemps, attiré l'attention des spécialistes qui leur ont donné le nom d'efforts secondaires, et que le professeur Winkler a fait de la question une étude complète. Ainsi, étudiant une poutre déjà construite, à double treillis (croix de Saint-André), de 30 *m* de portée et prise au hasard, il a trouvé que les efforts secondaires provoquaient, dans certaines barres, une majoration de 110 0/0, c'est-à-dire plus du double du travail prévu lors de la construction (les charges restant les mêmes), et que cette poutre eût été compromise, si on n'avait pris, comme c'est l'usage, un coefficient de travail relativement faible (6 *kg*). Dans son ouvrage, un des maitres de la statique graphique, notre Collègue M. Seyrig, relate les travaux du professeur Winkler et en tire des conclusions fort judicieuses.

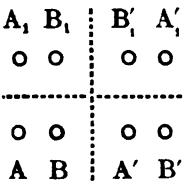
M. J. Durupt demande si les formules de M. Langlois ont été appliquées à la vérification de quelques grands ouvrages calculés par les méthodes analytiques ou statigraphiques, et construits depuis de longues années, pendant lesquelles ils se sont bien comportés, malgré l'accroissement considérable de la vitesse et du poids des trains. Il serait intéressant de savoir si les sections trouvées par ces nouvelles formules sont notablement différentes de celles qui existent et, puisqu'il a été question des ouvrages de M. Nordling, édifiés si magistralement il y a trente-deux ans, de se rendre compte si, aujourd'hui, on réaliserait une notable économie de poids, tout en conservant la sécurité absolue.

M. Langlois répond qu'il n'ignore pas les travaux de M. Nordling (1).

(1) La méthode statique Nordling est donnée dans la quatrième partie de l'ouvrage de M. Langlois : *Calcul des constructions métalliques, guide théorique et pratique*, Bernard et Cie, éditeurs.

Il a comparé le poids de la grande pile de Busseau-d'Ahun à celui que l'on obtiendrait par sa méthode, et il a trouvé que ce dernier poids n'est environ que la moitié du premier.

Il ne met pas seulement sur le compte de sa méthode l'économie si importante constatée par lui, car, dans ses calculs, il n'avait compté que sur quatre arbalétriers, tandis que la pile de Busseau-d'Ahun était composée de huit arbalétriers.



Or, avec cette disposition *(figure ci-contre)*, les arbalétriers B, B′; B_1, B_1' ne travaillent pas dans des conditions avantageuses, les charges se répartissant mal, et les moments de flexion transversale n'intéressant que faiblement ces éléments.

Il y a donc eu, dans la disposition étudiée comparativement :

a) Économie considérable, résultant de la suppression des arbalétriers médians ;

b) Économie supplémentaire, résultant de la méthode plus exacte employée.

En conséquence, M. Langlois attribue à un excès de poids la faculté de résistance des ouvrages de M. Nordling.

M. Durupt dit que le rôle du mode des attaches des barres de treillis et montants dans une poutre ou dans une pile est encore mal défini ; il demande à M. Langlois si, dans ses méthodes « rigoureuses » il s'en est préoccupé et notamment s'il tient compte de la liaison des barres tendues et comprimées à leur point de croisement, ou s'il les considère comme pouvant glisser l'une devant l'autre, à la suite des mouvements dus aux surcharges.

M. Langlois répond que ce point a été étudié par lui et résolu dans des conditions qui donneront certainement satisfaction à M. Durupt.

Seulement, comme la question est générale, attendu que sa méthode peut s'appliquer à toutes les poutres et treillis, à montants verticaux et à diagonale en croix de Saint-André, il se propose de la traiter séparément, dans une communication ultérieure.

M. le Président remercie vivement M. Langlois qui a montré une fois de plus, dans cette étude, l'ingéniosité de son esprit pour résoudre d'une façon nouvelle ces délicats problèmes ; il se félicite de voir que les méthodes de M. Langlois se répandent de plus en plus.

Il ajoute que, sans aucun doute, la Société entendra avec intérêt l'année prochaine, l'exposé des nouveaux travaux de M. Langlois dont il vient d'annoncer la communication.

Il donne la parole à M. G. Falconnier pour faire une communication sur *les briques en verre soufflé.*

M. G. Falconnier, après avoir parlé d'une manière générale de la verrerie, de ses progrès et de son rôle comme facteur de produits industriels, présente la brique en verre soufflé, parle de son origine, de sa fabrication de sa fermeture à chaud, de ses formes, de sa pose, du montage en panneaux pour toitures avec joints imperméabilisés, puis traite des qualités

isolatrices de cette brique contre le froid, la chaleur, le bruit et l'humidité qu'il prouve par des expériences faites et dûment constatées; il croit pouvoir affirmer que les avantages de ces murs de 6 *cm* d'épaisseur équivalent à ceux que présentent des murs de maçonnerie de 80 *cm* tout en apportant la lumière dans les locaux.

Il indique sommairement les applications de ces briques en verre soufflé dans l'habitation, et appuie vivement auprès des Ingénieurs sur l'utilité de leur emploi dans toutes les circonstances où des besoins d'isolation contre le froid et contre la chaleur se font sentir.

Il termine en faisant passer sous les yeux des projections de divers travaux exécutés, et présente des spécimens nombreux et en nature de ces briques.

M. LE PRÉSIDENT demande si ces briques peuvent être employées à la construction des murs et soumises à des efforts de compression.

M. FALCONNIER répond qu'on en fait des toitures, mais surtout des encadrements et des remplissages. Si solide qu'il soit, le verre employé ne pourrait servir à construire entièrement une maison. D'ailleurs, cela ne serait pas à recommander au point de vue esthétique : à toute chose il faut un cadre; l'un et l'autre ne doivent pas se confondre.

M. LE PRÉSIDENT dit que M. Falconnier a su utiliser dans l'application dont il vient de parler les qualités principales du verre et notamment sa transparence à laquelle il a su ajouter des qualités d'isolation calorifique. C'est une application intelligente du verre, cette substance merveilleuse dont il ne saurait dire trop de bien sans un soupçon de partialité.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. N. Mazen et F. Sá, comme membres sociétaires, et de MM. le comte A. de Dion, J. A. V. Robin et le baron E. de Zuylen de Nyevelt comme membres associés.

Sont reçus : MM. C. Barbey, M. A. Durieux et L. R. March' comme membres sociétaires et M. G. Falconnier comme membre associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 DÉCEMBRE 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. H. COURIOT, Trésorier, a la parole pour faire, conformément à l'article 16 des Statuts, l'exposé de la situation financière de la Société (1).

SITUATION FINANCIÈRE AU 30 NOVEMBRE 1895

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était au 1er décembre 1894, de. . .	2 556
Du 1er décembre 1894 au 30 novembre 1895, le nombre des admissions a été de 123	123
formant un total de	2 679
dont il faut déduire, par suite de décès et démissions	88
Le total des membres de la Société au 30 novembre 1895 est ainsi de	2 591

Situation de la caisse au 30 novembre 1895.

Le tableau des recettes et dépenses, annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, au 1er décembre 1894, était de. .	Fr.	34 546,04
A reporter.	Fr.	34 546,04

(1) Voir pages 580 et suivantes, le compte *Recettes* et *Dépenses* et le *Bilan* ainsi que l'*état comparatif* des exercices 1888 à 1895.

Report . . Fr. 34 546,04

Les recettes effectuées du 1er décembre 1894 au 30 novembre 1895 se répartissent ainsi :

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations . . . . . Fr.	80 532 »		
Droits d'admission	2 950 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille.	6 391,80		
Vente de Bulletins et Mémoires; Abonnements et Annonces . .	12 450,70		
Location des salles de séance. . .	8 898,30		
		111 222,80	

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations : MM. A. Lebon, A. Biver, L. Fernandez et Chevreux . . . . . Fr.	2 400 »		
Dons volontaires : M. T. F. Schertzer	50 »		
		2 450 »	
Le total des encaissements s'élève ainsi à Fr.			113 672,80
et le montant des recettes effectuées au 30 novembre, grossi de l'encaisse au 1er décembre 1894, monte à. Fr.			148 218,84

DÉPENSES ET SORTIES DE CAISSE

1° Dépenses par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis . . . . . Fr.	35 459,85	
Affranchissements et divers. . .	8 616,85	
Appointements, travaux supplémentaires et chronique. . . .	21 777,70	
Frais de bureau, de sténographie et de séances.	2 670,45	
Prêts et secours	776,35	
Prix Annuel, Michel Alcan et François Coignet.	1 323 »	
Contributions, entretien de l'immeuble, assurances, frais de la cité, chauffage, éclairage, téléphone, etc.	9 145,46	
Classement de la bibliothèque, achats de livres, reliure, etc. .	5 977,85	
Pension de Mmes Ves Husquin de Rhéville et G. Loustau. . . .	4 250 »	
A reporter. . . . Fr.	89 997,51	148 218,84

Reports . . Fr.	89 997,51		148 218,84
Frais exceptionnels, participations aux Congrès, souscriptions, etc.	4 328,05		
Frais d'émission de l'Emprunt. .	494,25		
Frais de recouvrement des cotisations	2 171,90		
Exposition de la Société à Bordeaux	613,99		
Legs Meyer	336,65		
		97 942,35	
2° *Sorties de Caisse :*			
Versé chez M. Hart, agent de change. Fr.		26 665,25	
Total des sommes employées au 30 novembre 1895.			124 607,60
Le solde en caisse, à la date du 30 novembre 1895, est donc de. . . . . Fr.			23 611,24

Nous joignons à ce Rapport le Bilan de la Société dressé dans la forme habituelle ; il est arrêté à la date du 30 novembre et se résume comme suit :

A l'actif sont portés :

Le mobilier, pour . . . . . Fr.	6 500 »
Notre fonds inaliénable représenté par 161 obligations du Midi, deux titres de 235 *f* de rente 3 0/0, 15 obligations de la Compagnie Madrilène du gaz et la nue propriété du legs Adolphe Meyer figurant ensemble pour le prix de	85 994,80
Les espèces en caisse	23 611,24
La bibliothèque	8 404,65
Notre portefeuille représentant la valeur de 265 obligations du Midi.	123 225 »
Hart, agent de change	233 728,45
Souscription Flachat	32 301 »
Nos débiteurs (cotisations arriérées au 30 novembre 1895, après réduction de 50 0/0 environ) et divers.	8 163 »
TOTAL . . . . . Fr.	521 928,14

Au passif figurent :

Nos créanciers, loyer de la Société, commissions et frais d'actes de vente de notre Hôtel, impressions, planches, reliure, travaux en cours, etc.. . . . . Fr.	8 688,40
Le monument Flachat.	32 301 »
Les prix divers (échus ou en cours) s'élevant à.	7 448,70
Le compte « Fonds de secours » (mémoire).	»
L'avoir de la Société	473 490,04
CHIFFRE ÉGAL . . . . . Fr.	521 928,14

L'Avoir de la Société, à ce jour, s'élève ainsi à. . . Fr.	473 490,04
alors qu'il était le 1er décembre 1894, de	502 158,24
Il a, par suite, diminué, durant l'exercice, de . . . Fr.	28 668,20

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

1895

RECETTES

En caisse au 1er décembre 1894			Fr. 34 546,04
1° Pour le fonds courant :			
Cotisations	Fr. 80 532 »		
Droits d'admission	2 950 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille	6 391,80		
Ventes de bulletins et mémoires; abonnements, et annonces	12 450,70		
Location des salles de séances	8 898,30		
Recettes diverses	» »		
		111 222,80	
2° Pour le fonds inaliénable :			
Exonérations	Fr. 2 400 »		
Dons volontaires (M. Schertzer)	50 »		
		2 450 »	
			113 672,80
		Fr.	148 218,84

DÉPENSES ET SORTIES DE CAISSE

1° Dépenses par le fonds courant :		
Impressions, planches et croquis	Fr.	35 459,85
Affranchissements divers		8 616,85
Appointements, travaux supplémentaires, chronique		21 777,70
Frais de bureau, de sténographie et de séances		2 670,45
Prêts et secours		776,35
Prix Annuel, Michel Alcan et François Coignet		1 323 »
Contributions, entretien de l'immeuble, frais de la cité, éclairage, chauffage, assurances, téléphone, etc.		9 145,46
Classement de la bibliothèque, livres, reliure, etc.		5 977,85
Pension de Mmes veuves Husquin de Rhéville et G. Loustau		4 250 »
Frais exceptionnels, souscriptions, participation aux Congrès, etc.		4 328,05
Frais d'émission de l'Emprunt		494,25
Frais de recouvrement des cotisations		2 171,90
Exposition de la Société à Bordeaux		613,99
Legs A. Meyer		336,65
		97 942,35
2° Sorties de caisse		
Versement chez M. Hart, agent de change		26 665,25
		124 607,60
Solde en caisse au 30 novembre 1895		23 611,24
	Fr.	148 218,84

BILAN AU 30 NOVEMBRE 1895

ACTIF

Mobilier . . . . . Fr.			6 500 »
Fonds inaliénable :			
a. Legs Meyer (nue propriété) . . . . . Fr.		10 000 »	
b. Legs Nozo 19 obligations du Midi		6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »		50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0		3 730 »	
e. Fondation Coignet » »		4 285 »	
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi .		4 857,75	
g. Don anonyme		6 750 »	
			85 994,80
Bibliothèque :			
Reliures, corps de Bibliothèque . . . . . Fr.			8 404,65
Caisse :			
Solde disponible			23 611,24
Portefeuille :			
265 obligations du Midi			123 225 »
Débiteurs divers :			
Hart, agent de change . . . . . Fr.		233 728,45	
Souscription Flachat		32 301 »	
Cotisations 1894 et années antérieures (après réduction de 50 0/0). . . .	3 915 »	8 163 »	
Cotisations 1895 près réduction d'évaluation de 50 0/0).	4 248 »		
			274 192,45
		Fr.	521 928,14

PASSIF

Créditeurs divers :			
Loyer en cours . . . . . Fr.		862,50	
Frais d'actes et de vente de l'Hôtel		4 649,84	
Impressions, planches et croquis, divers travaux en cours, évalués à.		3 176,06	
Monument Flachat.		32 301 »	
			40 989,40
Prix divers 1896 et suivants :			
a. Prix annuel . . . . . Fr.		(mémoire)	
b. Prix Nozo		547,20	
c. Prix Giffard 1896.		6 172,80	
d. Prix Michel Alcan.		103,50	
e. Prix Couvreux		475,20	
f. Prix Coignet		150 »	
			7 448, 70
Fonds de secours			(mémoire)
Avoir de la Société. . . . . Fr.			473 490,04
		Fr.	521 928,14

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1888 A 1895

INDICATIONS	10 DÉCEMBRE 1888	30 NOVEMBRE 1889	30 NOVEMBRE 1890	30 NOVEMBRE 1891	30 NOVEMBRE 1892	30 NOVEMBRE 1893	30 NOVEMBRE 1894	30 NOVEMBRE 1895
Nombre de Membres...	2 198	2 274	2 294	2 331	2 408	2 482	2 556	2 591
Membres admis pendant l'Exercice.....	114	142	105	142	148	143	123	123
Membres par catégories. honoraires.....	15	19	25	23	22	20	20	19
sociétaires.....	1 999	2 065	2 081	2 128	2 201	2 269	2 340	2 377
associés.....	184	190	188	190	185	193	196	195
exemptés.....	25	21	11	14	19	16	16	18
décédés.....	37	41	38	50	51	46	31	67
démissionnaires.	19	10	27	15	19	16	17	19
rayés.....	29	14	20	40	1	7	4	2
exonérés à 600 fr.	15	7	7	7	9	10	4	4
Legs et fondations....	Michel 3 730 » Alcan	Coignet 4 285 »	Couvreux 5 000 » Anonyme 6 750 »	»	»	Collados 1 000 »	»	Meyer 10 000 »
Dons volontaires	7 016 »	5 575 »	100 »	500 »	2 160 »	639 »	418,45	50 »
Entrées de caisse de l'Exercice.	114 168,86	182 235,17	113 163,20	115 940,72	147 497,12	138 255,04	132 356,78	148 218,84
Sorties de caisse, y compris achat d'obligations, de l'Exercice..	118 612,67	166 139,41	117 025,60	99 188,35	113 302,23	112,930 36	97 810,74	124 607,60
Sommes réservées. Prix de la Société.	300 »	300 »	424,80	400 »	400 »	400 »	400 »	400 »
Prix Nozo.....	1 105,76	863,18	829,20	283,30	546,40	820 »	273,60	547,20
Prix Giffard	2 857,86	3 435,24	5 027,14	6 278,74	(1890 3 768,17 (1893 3 768,17	(1896) 3 657,60	(1896) 4 915,20	(1896) 6 172,80
Prix Michel Alcan	250 »	50 »	192,50	327,50	135 »	270 »	405 »	103,50
Prix Coignet....	»	»	262,50	412,50	150 »	300 »	450 »	475,20
Prix Couvreux..	»	»	»	149,17	307,57	158,40	316,80	150 »
Secours (legs Giffard)	1 120 »	522,04	302,47	603,40	264,80	221,15	2 099 »	» »
Achat d'oblig. du Midi.	17 727,10	9 556,40	8 557,75	5 122,51	»	»	»	» »
Achat d'un titre de 100 fr rente 3 %.....	2 775 »	»	»	»	»	»	»	»
Sommes restant en caisse	15 391,24	21 930,60	18 068,20	16 752,37	34 194,89	25 324,68	34 546,04	23 611,24
Sommes restant à encaisser....	14 403 »	7 881 »	5 668 »	6 331 »	6 442,40	8 551,40	14 804 »	8 163 »
Emprunt.....	»	75 000 »	75 000 »	75 000 »	75 000 »	75 000 »	amorti	»
Amort. d'oblig. sociales.	»	500 »	21 150 »	37 700 »	57 400 »	74 350 »	75 000 »	» »
Avoir de la Société....	451 045,78	398 949,01	422 865,80	433 418,75	455 501,82	481 414,12	502 158,24	473 490,04

Ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte à première vue, notre bilan a subi cette année des modifications importantes.

L'année 1895 a vu, en effet, se produire dans la situation de notre Société des changements importants qui sont la conséquence de la vente terminée aujourd'hui, de notre Hôtel à la Société des Gens de Lettres.

La vente de l'immeuble que nous occupons était indispensable pour répondre au développement sans cesse croissant de la Société, à l'augmentation constante de ses Membres et à l'extension donnée à sa Bibliothèque; cette vente est aujourd'hui un fait accompli; nous ne sommes plus maintenant que les locataires de cet immeuble dont la réalisation était devenue nécessaire, et a précédé l'achat d'un nouveau terrain plus en rapport avec la place qu'occupe la Société des Ingénieurs Civils de France parmi les Sociétés savantes, et plus en harmonie avec son importance et sa vitalité.

L'achat d'un terrain de plus de 700 m^2 est, vous le savez, sur le point d'être terminé; ce terrain est situé, 19, rue Blanche, à proximité de la Trinité et de la gare Saint-Lazare, et notre Société devra y ériger son nouvel Hôtel qui sera installé avec tout le confort que doit offrir une construction destinée à abriter la plus haute émanation du génie civil français.

Pour réaliser un semblable programme, il fallait recourir à l'emprunt; nos ressources présentes ne suffisant pas entièrement pour mener à bien l'œuvre projetée; le Comité a décidé d'émettre pour 500 000 *f* d'obligations parmi les Membres de la Société, afin de faire face à la fois aux frais d'achat du terrain et de la construction de l'Hôtel.

Au lieu d'un demi-million demandé à nos collègues, ceux-ci ont spontanément apporté à la Société 2 290 500 *f*, soit plus de quatre fois et demie ce qu'on leur demandait.

Voilà, Messieurs, un magnifique résultat qui prouve combien est solide le crédit de la Société, combien est grande la confiance que vous avez placée dans votre Comité auquel vous avez délégué vos pouvoirs, combien enfin vous tenez à ce qu'il fasse une œuvre véritablement digne de vous et digne du but élevé que poursuit la Société des Ingénieurs Civils de France.

Ai-je besoin de vous dire qu'en présence d'offres de capitaux bien supérieurs à nos besoins, il nous a fallu procéder à une répartition qui nous a obligés de réduire notablement toutes les souscriptions supérieures à une unité?

Notre Bilan, ainsi que je le disais en commençant a donc dû se modifier, conformément aux opérations effectuées : c'est ainsi que notre immeuble ne figure plus à l'Actif. Il est remplacé partiellement par la somme que nous avons touchée comme prix de vente et qui servira jusqu'à due concurrence au paiement du terrain de la rue Blanche.

Seul notre Mobilier reste à l'Actif pour une somme réduite de 6 500 *f*, représentant une partie de la valeur des divers objets dont nous restons propriétaires et qui seront transportés dans le nouvel Hôtel.

Nos comptes « Fonds inaliénable » et « Fonds courant » se sont également modifiés. Nous n'avons conservé au compte « Fonds inaliénable » que les valeurs ayant une affectation spéciale pour des prix ou

fondations. Aux valeurs que nous possédons déjà dans ce compte est venue s'ajouter une somme de 10 000 *f* provenant de la réalisation, en nue propriété, du legs Mayer, ce qui porte le total de ce compte à 85 994,80 *f*.

Par suite de ces modifications, nos obligations disponibles, figurant au compte « Portefeuille », représentent une somme réalisable de 123 225 *f*.

Enfin, vous remarquerez au chapitre de nos débiteurs le compte « Hart » s'élevant à la somme de 233 728,45 *f* et représentant, en dehors des obligations dont il vient d'être parlé, nos disponibilités qui attendent le moment prochain où elles seront employées au paiement de notre nouveau terrain.

Au Passif, quelques modifications peuvent être également constatées.

Notre « Fonds de secours » y figure toujours pour mémoire, le montant des faibles crédits dont il dispose chaque année ayant été non seulement absorbé, mais de beaucoup dépassé, pour répondre dans une proportion malheureusement trop faible, aux demandes qui nous sont adressées.

Vous trouverez au Bilan le compte de la souscription ouverte sous les auspices de la Société pour ériger un monument à son ancien Président Eugène Flachat, et représentant une somme disponible de 32 301 *f*.

C'est un simple compte d'ordre qui ne modifie en rien les résultats de notre situation financière.

En résumé, au 30 novembre 1895, notre actif est de. .	473 490,04 *f*
Alors qu'au 30 novembre 1894, il était de	502 158,24 *f*
Soit une diminution de	28 668,20 *f*

Cette diminution provient de la réduction subie par nous sur le prix de vente de notre immeuble pour arriver à son aliénation ; cette diminution aurait été de 77 052,04 *f*, si elle n'avait été compensée pour partie, par la réalisation du legs Meyer, par la plus-value portant sur nos obligations disponibles et par les économies de l'exercice, total qui représente une somme de 48 383,84 *f*, limitant ainsi à 28 668,20 *f* une réduction d'actif qui eût été, sans les causes qui viennent d'être énumérées, de 77 052,04 *f*.

Vous observerez que nous avons, en même temps, fait disparaître de notre Bilan le compte « Débiteurs divers *(a)* » qui représentait jusqu'à présent la valeur de nos stocks de publications, bulletins et catalogues de la Bibliothèque qui ne figurent plus à notre Actif, bien qu'existant toujours en magasin.

Je désire, avant de terminer, vous dire quelques mots relatifs aux Recettes, Dépenses et sorties de Caisse.

Nos Recettes présentent certaines augmentations provenant des ventes de Bulletins et plus spécialement des Annonces que nous cherchons à développer le plus possible, ainsi que les locations de salles.

Je fais, à ce sujet, un appel chaleureux à tous nos Collègues pour nous aider dans notre tâche en nous facilitant le développement de ces deux chapitres importants de nos Recettes.

Nos Dépenses totales sont, à 130 *f* près, les mêmes que celles de l'année dernière.

Certains chapitres sont en diminution, quelques autres présentent une légère augmentation, le tout se compense; cependant, il faut remarquer que le chapitre Frais de Recouvrement des cotisations a subi une augmentation notable, plus de 1 000 *f.* Il y a là un symptôme fâcheux qu'il dépend de nous tous de faire disparaître, en évitant à la Société les frais qu'entrainent les circulaires de rappel et la présentation réitérée et infructueuse quelquefois, des quittances de cotisations.

En résumé, Messieurs, notre situation financière est toujours prospère, et j'ai confiance que dans un avenir rapproché, avec le développement que nous devons attendre de l'installation de la Société dans un hôtel plus en harmonie avec son importance et ses besoins, elle grandira et s'accroitera encore.

Vous aiderez à notre recrutement en faisant entrer dans la Société des membres nouveaux qui voudront avoir leur part des avantages que vous procurera notre nouvelle installation dans un hôtel bien compris, bien aménagé et qui ne nous fera pas regretter l'ancien.

Je ne veux pas clore ce rapport sans remercier ici M. de Dax des soins et du dévouement qu'il donne à nos intérêts, car c'est pour une très grande partie à son initiative et à son activité que sont dus les bons résultats que je vous ai signalés.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président demande à l'Assemblée de voter des remerciements à M. H. Couriot, son Trésorier, pour le soin et le très grand dévouement qu'il apporte à ses fonctions.

Ces remerciements sont votés par *acclamation.*

Il est ensuite procédé aux votes pour l'élection des membres du Bureau et du Comité, conformément aux articles 8 et 20 des statuts.

Sont inéligibles pour 1896 :

Vice-Président : M. Charton, J.

Secrétaire : M. Jannettaz, P.

Membres du Comité : MM. Coiseau, L.; Lencauchez, A.; Moreau, Aug.; et Rémaury, H.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. Molinos, L.

Vice-Présidents :	*Secrétaires :*
MM. Rey, L.	MM. Baignères, G.
Lippmann, E.	Bert, E.
Fleury, J.	Lavezzari, A.
Delaunay-Belleville, L.	Gassaud, P.

Trésorier : M. Couriot, H.

COMITÉ

MM. Canet, G.
Dumont, G.
Mallet, A.
Bodin, P.
Regnard, P.
Bertrand de Fontviolant, E.
Carimantrand, J.
Forest, H.
Parent, L.
Pérignon, E.-A.
Badois, E.
Gallois, Ch.

MM. Liébaut, A.
Salomon, L.
Compère, Ch.
Levassor, E.-C.
Morandière, J.
Baudry, Ch.
Derennes, E.
Loreau, A.
Richemond, E.
Pontzen, E.
Gruner, E.
Simon, E.

MÉMOIRE

SUR UN

NOUVEAU FREIN ÉLECTRO-PNEUMATIQUE[1]

DE

M. CHAPSAL

PAR

M. Georges LESOURD

Depuis quelques années déjà, l'accroissement du trafic des voyageurs et des messageries a conduit les grandes Compagnies de chemins de fer à augmenter progressivement le nombre des véhicules entrant dans la composition de leurs trains ; et dans la plupart des cas, les efforts faits dans ce sens tendraient, pour ainsi dire, à ne limiter ce nombre qu'à la puissance de traction des machines. C'est ainsi que fréquemment, on forme des trains de banlieue de vingt-deux et même de vingt-quatre voitures, et qu'on a essayé de créer des trains de messageries à vitesse accélérée comportant un nombre de véhicules encore bien supérieur.

Toutefois, dans cet ordre d'idées, les Compagnies devaient rencontrer dans le fonctionnement des freins continus un obstacle imprévu, et qu'on n'est pas encore parvenu à surmonter.

En effet, les appareils de freins de divers systèmes qui donnaient des résultats satisfaisants sur des trains ordinaires de douze à seize véhicules, deviennent délicats à manœuvrer dès qu'on dépasse ce nombre, et sont même une source d'ennuis assez graves quand on atteint dix-huit à vingt véhicules. Cela tient au fonctionnement même de tous ces systèmes, basé sur des évacuations ou des rentrées d'air dans la conduite générale régnant le long du train. Ces mouvements d'air, s'effectuant par la seule ouverture du robinet de manœuvre placé sur la machine, mettent par conséquent d'autant plus de temps à se faire sentir sur un véhicule de rang quelconque, que sa distance à la machine est plus grande.

(1) Voir planches nos 154 et 155.

Il en résultait une absence de simultanéité au serrage et au desserrage, et la production de remous donnant lieu à des réactions très brusques, désagréables aux voyageurs, nuisibles au matériel et suffisantes même pour produire, dans beaucoup de cas, des ruptures d'attelage.

Il est facile de se rendre compte de ce fait, en considérant une conduite générale A, B, chargée de la pression normale de 4 *atm*, par exemple, et en état d'équilibre *(fig. 2)*.

Si par l'extrémité A on produit une perte d'air, la pression va tomber successivement tout le long de la conduite, et se répartir suivant la courbe indiquée en traits pleins.

A ce moment, les véhicules de tête sont serrés à fond, alors que ceux de queue ne le sont pas encore.

Si, dans ces conditions, on ferme l'ouverture A, le flux de la colonne d'air continue à s'opérer vers ce point, et y donne lieu à une sorte de coup de bélier, tout en produisant une dépression relative vers B; la courbe des pressions indiquée en traits pointillés, devient alors l'inverse de la première.

Ce remous a pour effet immédiat de produire le desserrage des véhicules de tête, et de serrer à fond les véhicules de queue.

Au desserrage, la rentrée d'air se faisant également par le seul robinet du mécanicien, c'est-à-dire par A, l'augmentation de pression ne se produit que progressivement, en sorte que les véhicules de tête se desserrent bien avant ceux de queue.

Si donc, le train se remet en marche, ou accélère sa vitesse avant le desserrage complet, il arrive que l'avant mobile vient tirer en donnant le plus souvent un coup de fouet sur l'arrière encore immobilisé, et qu'une rupture d'attelage est possible et même probable en ce point.

Souvent ces phénomènes se répartissent en plusieurs groupements, de sorte qu'un certain nombre de ruptures peuvent avoir lieu à la fois.

Ils se produisent du reste avec plus ou moins d'intensité, suivant l'habileté que met le mécanicien à étrangler progressivement les sorties ou les rentrées d'air.

On conçoit toutefois que, presque inappréciables pour une conduite de petite longueur, ils s'accentuent de plus en plus avec l'augmentation de longueur du train, et par conséquent de la conduite en question.

Pour essayer de remédier à ces inconvénients, on fut conduit à étudier de nouveaux appareils dits à action rapide, qu'on peut grouper en trois classes bien distinctes :

I. — Les appareils purement électriques;
II. — Les appareils purement pneumatiques;
III. — Les appareils faisant intervenir à la fois l'action pneumatique et l'action électrique.

Nous dirons très rapidement quelques mots des principaux de ces appareils en indiquant leurs desiderata.

Les appareils purement électriques, tels que le frein Achard, par exemple, qui donna lieu à des essais prolongés, avaient l'inconvénient de placer le fonctionnement entier du frein à la merci d'un raté de la commande électrique, et c'est sans doute en grande partie à cette cause qu'il faut attribuer leur non-adoption à une époque déjà éloignée de nous, où les Compagnies auraient pu suivre cette voie, au lieu de s'engager dans celle qu'elles ont adoptée. Il est juste d'ajouter qu'à cette époque, l'emploi de l'électricité était loin de présenter les certitudes qu'il donne à l'heure actuelle.

Aujourd'hui, il semble que tout appareil purement électrique, ou plus généralement que tout appareil nécessitant la suppression des freins pneumatiques actuels, ou même ne pouvant pas se continuer avec eux, ne saurait être adopté, étant donnés les frais et les modifications considérables qu'il entraînerait pour les Compagnies, qui ont tout leur matériel muni de freins pneumatiques d'un fonctionnement à peu près uniforme.

Les appareils de la deuxième classe, et qui emploient l'action purement pneumatique, peuvent être divisés en deux groupes : les uns, comme les freins Westinghouse, Wenger ou Soulerin, font usage d'accélérateurs; les autres, comme les appareils construits par la Compagnie de Fives-Lille, font au contraire usage de retardateurs.

Le principe des premiers consiste à produire, lors du serrage, des évacuations d'air locales sur toute la longueur du train, c'est-à-dire sur toutes les voitures successivement, au lieu de produire cette évacuation par le seul robinet du mécanicien.

On se sert pour cela d'accélérateurs placés à côté des distributeurs anciens, et qui, aussitôt que la dépression se fait sentir dans la conduite générale, mettent en communication cette conduite avec l'extérieur; cette manœuvre se répète de voiture en voiture

avec de plus en plus de rapidité, puisque tous les accélérateurs déjà ouverts aident au fonctionnement des suivants. C'est ainsi qu'on arrivait à obtenir une propagation assez rapide pour que le temps écoulé entre le freinage de la première et de la cinquantième voiture d'un train, par exemple, ne dépassât pas trois à quatre secondes, condition suffisante pour assurer un bon arrêt.

Toutefois, ces appareils qui donnent, comme on vient de le voir, des résultats satisfaisants au serrage rapide pour les arrêts d'urgence, sont restés identiquement ce qu'ils étaient au point de vue du desserrage, et à cause de la lenteur de ce dernier, sont inemployables comme les anciens sur des trains d'une certaine longueur.

Il faut bien en effet à ce moment remplir à nouveau toute la conduite générale par le seul orifice du robinet du mécanicien; et l'on voit le temps que cette opération peut demander avec un train de 200 *m* et plus. Aussi le desserrage met-il trois ou quatre fois plus de temps à se propager que le serrage.

Il en résulte qu'il est impossible de ralentir un train sans l'arrêter complètement pour le desserrer, sous peine de produire des réactions suffisantes pour amener des ruptures d'attelage, même dans des rames ne dépassant pas vingt-quatre voitures.

C'est principalement cette lenteur du desserrage qui, lors des essais nombreux et répétés effectués vers 1889, sous le contrôle de la Commission dite des trains longs, présidée par M. l'Inspecteur général de la Tournerie, fit rejeter à plusieurs reprises, de la façon la plus absolue, tous les systèmes présentés.

Enfin ils présentent cet inconvénient capital que lors d'un serrage ordinaire, il suffit du fonctionnement accidentel d'un accélérateur, dû à une circonstance quelconque pour entraîner immédiatement celui de tous les autres.

Certains appareils qui emploient, pour commencer le remplissage de la conduite, l'air envoyé dans les cylindres à freins lors du serrage, auraient peut-être donné des résultats meilleurs; ils n'ont pu, toutefois, être encore essayés sur des trains assez longs, pour qu'on puisse avoir une opinion motivée à leur sujet.

Dans les appareils dits à retardateurs, on a cherché, au contraire, à retarder le freinage des voitures de tête, et à créer, pour ainsi dire, un régime à peu près égal dans la conduite générale, avant de procéder au serrage, qui devait alors se produire à peu près simultanément.

Ces retardateurs étaient basés sur la force vive d'un système

mobile, force vive plus ou moins intense, suivant la vitesse de l'air qui mettait ce système en action.

Ces appareils dont on a fréquemment parlé depuis plusieurs années, ont toujours été entourés d'un certain mystère, et le manque presque absolu de publicité qu'on a donné à leurs expériences, empêche de pouvoir se former une opinion rationnelle à leur égard.

Il est toutefois permis de supposer qu'ils n'ont pas dû donner encore de résultats définitifs, puisqu'il n'en a jusqu'ici été fait aucune expérience publique.

Quoi qu'il en soit, dans tous ces appareils, les distributeurs anciens sont toujours séparés des accélérateurs par un robinet d'isolement, qui permet, une fois fermé, de ramener leur fonctionnement exactement à ce qu'il était avec les appareils primitifs, et nous ne pensons pas qu'on ait jamais pu les voir sur certains réseaux étrangers qui les ont adoptés, fonctionner normalement avec accélérateurs ouverts.

Ils rentrent donc jusqu'ici, quoique appliqués quelquefois sur une assez grande échelle, dans le domaine plutôt théorique, et étant données les considérations techniques développées plus haut, ils ne pourront en sortir que grâce à des améliorations considérables.

Si nous arrivons maintenant à la troisième classe de freins, qui font appel à la fois à l'action pneumatique et à l'action électrique, nous allons voir que tous présentent d'assez graves desiderata.

C'est ainsi, pour ne citer que les principaux, que le frein Carpenter peut être à la fois serré électriquement et pneumatiquement, mais que son desserrage ne peut être qu'électrique.

Le frein Card emploie lui aussi bien au serrage qu'au desserrage une commande électrique, et ne se sert de l'air comprimé que comme force motrice.

Le frein mixte Lipkowski, qui n'emploie l'électricité que pour le serrage, a pour principe de conserver la conduite générale remplie d'air en vue du desserrage. Il en résulte que, pour faire un serrage mixte, on doit abandonner, en vidant la conduite, l'avantage d'un desserrage accéléré. Dans le cas contraire, on s'expose, en cas de raté de la commande électrique, à faire le serrage par l'air un peu tard. En outre la modérabilité au serrage est obtenue à l'aide de l'action variable d'un courant magnéto-électrique dont le mécanicien doit lui-même assez difficilement régler l'intensité.

Enfin la Compagnie Westinghouse, dans ses essais de freinage électrique, a dû limiter l'emploi de l'électricité aux arrêts d'urgence, sans doute à cause de la difficulté de graduation du serrage. Le desserrage ne peut du reste pas se produire électriquement.

Tous les autres appareils imaginés jusqu'ici, du moins à notre connaissance, rentrent dans le cas d'un des précédents. Aucun d'eux, comme on le voit, ne donne une sécurité absolue au point de vue d'un raté possible d'un des deux freins, et ils sont presque tous tributaires, soit au serrage, soit au desserrage, de l'action électrique seule qui est toujours sujette à caution.

Enfin, le fonctionnement d'aucun d'eux n'est par là même indépendant du nombre des véhicules à la fois au serrage et au desserrage.

Le dispositif imaginé par M. Chapsal diffère entièrement de tous ces systèmes, en ce sens que le fonctionnement pneumatique et le fonctionnement électrique sont toujours intimement liés et toujours simultanés, aussi bien au serrage qu'au desserrage, en telle sorte qu'un raté de l'un quelconque laisse libre le fonctionnement de l'autre.

L'action électrique vient en aide à l'action pneumatique, et se substitue à elle aussi bien au serrage qu'au desserrage, jusqu'à ce qu'elle ait eu le temps de se produire au point considéré, de façon à rendre le fonctionnement des freins absolument indépendant du nombre des véhicules, dont chacun a pour ainsi dire son fonctionnement autonome.

En outre de la manœuvre électro-pneumatique simultanée, il possède un fonctionnement purement électrique qui nous donnera au serrage la modérabilité nécessaire aux ralentissements, et chose inconnue jusqu'ici dans les freins automatiques, la modérabilité complète au desserrage, qui, combinée avec la précédente, permettra la descente des pentes dans des conditions exceptionnelles.

Il supprime, comme on le verra, les arrêts intempestifs dus à des ruptures de boyaux ou à des accidents semblables, ce qui n'avait pu être obtenu jusqu'ici que par le frein double Westinghouse-Henry en usage sur la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. Il supprime, par la même raison, tous les blocages intempestifs des voitures en cours de route, si désagréables aux voya-

geurs, et si gênants pour une exploitation quelque peu intensive.

La simultanéité des deux actions donnera, dans les arrêts d'urgence une diminution importante de leur longueur.

Enfin, le frein Chapsal ne se présente pas sous la forme d'un appareil nouveau excluant les autres; il peut s'appliquer, grâce à des modifications convenables, à tous les systèmes existants, en leur procurant immédiatement les avantages principaux que nous venons d'énumérer, tout en mettant, au point de vue de la sécurité, deux appareils dans les mains du mécanicien au lieu d'un seul.

Le description que nous allons en faire, se rapportant principalement à l'application du dispositif Chapsal au frein Westinghouse ordinaire, qui est aujourd'hui le plus employé sur les grandes Compagnies françaises, nous rappellerons tout d'abord, en deux mots, le fonctionnement de ce dernier.

Il est toutefois nécessaire de dire auparavant quelques mots de la modérabilité.

Cette modérabilité consiste, comme on le sait, à pouvoir envoyer, dans les cylindres à freins, une pression réduite au lieu de la pression totale, et à pouvoir faire varier cette pression dans un sens ou dans l'autre.

On voit immédiatement son importance au point de vue des ralentissements et de la descente rationnelle des pentes; mais elle a aussi une influence considérable sur la douceur des arrêts; elle est pour ainsi dire, et toute proportion gardée, ce que la pression progressive d'une presse hydraulique est au choc brusque d'un marteau-pilon.

Les freins directs possèdent seuls la modérabilité absolue au serrage et au desserrage, puisqu'on agit avec eux directement au moment de l'arrêt par pression ou par dépression, qu'on peut graduer à volonté.

Les freins automatiques ne sont plus ou moins modérables qu'au serrage, et toute pression graduée ne peut être diminuée sans desserrer complètement.

Les freins Wenger et Soulerin possèdent essentiellement cette modérabilité.

Le frein Westinghouse a donné lieu à ce sujet à des opinions très opposées qui cependant avaient toutes deux leur raison d'être. On verra, en effet, tout à l'heure, que, théoriquement et même pratiquement, mais seulement dans un ensemble de circonstances données, la triple valve Westinghouse est modérable;

mais on pourra juger qu'en pratique, cet ensemble de circonstances est très difficile à obtenir. C'est, du reste, en vue de remédier à ce manque pratique de modérabilité, que la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée a adopté depuis longtemps la transformation Westinghouse-Henry, et que, plus tard, on a été amené à créer entre autres les distributeurs Soulerin et les modérateurs Chapsal.

On sait que le frein Westinghouse se compose essentiellement, sous chaque voiture, d'un cylindre à frein à piston mobile qui actionne la timonerie ; d'un réservoir auxiliaire ; d'un distributeur appelé *triple valve* et d'une conduite générale avec ses accouplements.

Le mécanicien, à l'aide d'un robinet de manœuvre placé sur la machine, commande les rentrées ou les sorties d'air comprimé de la conduite générale.

En marche normale, cette conduite est chargée d'air à une pression de *4 kg* environ ; cet air pénètre par la triple valve dans les réservoirs auxiliaires, tandis qu'au contraire les cylindres à freins sont mis en communication avec l'extérieur.

Dès qu'on produit une dépression dans la conduite générale, les systèmes mobiles des triples valves fonctionnent, interrompent la communication des cylindres à freins avec l'extérieur, et les mettent au contraire en relation avec les réservoirs auxiliaires.

Le desserrage a lieu par la réintroduction de la pression primitive dans la conduite générale, ce qui replace les organes dans la position de marche.

Ceci donné, il importe d'examiner de plus près le fonctionnement de la triple valve, principalement au point de vue de la modérabilité.

Cette triple valve se compose *(fig. 3)* d'un système mobile comprenant un piston P auquel est fixé un petit piston *p*.

Ce système mobile peut entraîner, mais seulement dans une portion de sa course, un tiroir plan t_1 à deux lumières destiné à mettre le cylindre à freins en communication soit avec l'extérieur, soit avec les réservoirs auxiliaires.

Le fonctionnement est le suivant :

Pendant la marche du train, l'air comprimé de la conduite générale, arrivant sous le piston P, le soulève, et le tiroir entraîné met en communication directe les cylindres à freins avec l'air extérieur *(fig. 6)*.

Pendant ce temps, l'air comprimé pénètre par une faible rai-

nure *i* dite *d'alimentation* au-dessus du piston, et se rend de là dans les réservoirs auxiliaires qu'il charge à la pression de la conduite.

Lors d'un serrage à fond, la dépression produite dans la conduite générale abaisse brusquement le piston de la triple valve en entraînant le tiroir; la communication directe est dès lors établie entre le réservoir auxiliaire et le cylindre à freins, et le serrage à fond a lieu *(fig. 7)*.

La réintroduction de l'air dans la conduite générale fait remonter le système mobile et permet, par conséquent, la vidange des cylindres à freins à l'extérieur et le remplissage à nouveau des réservoirs auxiliaires.

La modérabilité dont il a été parlé plus haut, dépend précisément de la course relative du tiroir par rapport à celle du grand piston et du petit piston secondaire qui fait corps avec lui.

En effet, si, au lieu de faire une dépression brusque dans la conduite générale, on produit une dépression limitée, le grand piston n'est pas entraîné à fond de course, et il met simplement le tiroir dans la position représentée *(fig. 8)*, position où il reste, étant maintenu sur sa glace par un ressort et par la pression assez considérable qui s'exerce sur sa surface externe.

Dans cette position, l'air peut pénétrer dans le cylindre à freins non plus directement comme lors du serrage à fond, mais seulement par un petit orifice *s (fig. 8)* percé dans le tiroir et qui débouche en dessous du siège du petit piston secondaire.

Au moment où le grand piston a été partiellement abaissé, cet orifice est découvert, et une certaine quantité d'air pénètre, par conséquent, dans le cylindre à freins *(suivant la flèche)* en y produisant un serrage modéré; mais ce fait détermine immédiatement au-dessus du grand piston un certain abaissement de pression qui ne tarde pas à modifier le sens de la résultante et à le faire remonter. Il ne remonte toutefois que de la quantité juste nécessaire pour que le petit piston vienne s'appliquer sur son siège et interrompre, par conséquent, tout nouveau passage d'air vers le cylindre à freins.

Une nouvelle dépression limitée produira les mêmes phénomènes, et il en résulte par conséquent que, théoriquement, la triple valve est modérable, c'est-à-dire qu'elle permet une série de serrages gradués successifs.

On comprendra toutefois que cette modérabilité, qui s'obtient parfaitement sur des voitures isolées, est très difficile à obtenir sur un train, quand on saura que le serrage à fond se produit pour

une dépression de 400 à 500 *g* dans la conduite générale, tandis que le piston commence à se mettre en mouvement pour une dépression de 200 à 250 *g*.

Le mécanicien ne peut donc être certain de la graduation de son serrage, qu'à la condition de ne dépasser ce faible intervalle ni dans un sens ni dans l'autre, et l'on conçoit que ce résultat soit très difficile à atteindre par suite des remous d'air inévitables qui se produisent dans une conduite lorsqu'on fait une dépression à l'une de ses extrémités.

Ces remous produisent sous certaines voitures des dépressions locales supérieures à 500 *g* et amènent par conséquent le serrage à fond des freins, tandis que sur d'autres, les dépressions ne sont même pas suffisantes pour mettre les pistons des triples valves en mouvement.

On va voir comment, à l'aide de dépressions effectuées, non plus aux extrémités de la conduite, mais au niveau même de chaque triple valve, et simultanément, on profitera précisément de cette modérabilité théorique pour obtenir tous les phénomènes de modérabilité pratique au serrage et au desserrage, qui sont une des caractéristiques de la transformation électro-pneumatique de M. Chapsal.

Cette transformation, qui se rapporte au frein à air comprimé Westinghouse, *s'applique aussi bien au frein actuel qu'au frein nouveau dit à action rapide.*

Sous chaque voiture, on ajoute *(fig. 1 et 3)* :

Une *valve électrique de serrage* établie en un point quelconque de la conduite générale ;

Une *valve électrique de desserrage* placée entre la triple valve et le cylindre à freins ;

On modifie légèrement la partie supérieure de la triple valve, de façon à la transformer en commutateur automatique.

On dispose, sur toute la longueur du train, deux fils : l'un de serrage, l'autre de desserrage, qui sont reliés entre les divers véhicules par des accouplements, soit distincts, soit combinés avec les accouplements pneumatiques actuels ; sur ces conducteurs sont établis en dérivation les fils qui aboutissent aux valves de serrage et de desserrage de chaque voiture ; les circuits sont fermés par la terre.

Enfin, le robinet du mécanicien subit une légère modification consistant principalement dans l'addition d'une couronne métallique convenablement isolée, qui permet, suivant la position de

la poignée, de faire passer à volonté ou d'interrompre les courants de serrage ou de desserrage.

L'énergie électrique est fournie par une petite batterie de piles ou d'accumulateurs qui, pour vingt-quatre voitures, devra donner un courant de 15 à 20 volts et de 1/10 d'ampère par voiture, soit 2,6 ampères pour un train de vingt-quatre voitures, en tenant compte de la machine et du tender.

La figure 1 montre un croquis schématique de l'ensemble des appareils :

R est le robinet de manœuvre ;

S la valve de serrage ;

D la valve de desserrage ;

T la triple valve modifiée.

Le circuit est fermé par la terre à l'aide de l'ensemble métallique des châssis.

La figure 3 montre en coupe les divers appareils et leurs liaisons respectives avec les fils de serrage et de desserrage.

La figure 4 montre en plan le robinet de manœuvre avec les diverses dispositions de la poignée.

La figure 5 montre une modification des valves électriques simplifiant leur construction.

Description des appareils.

La *valve électrique de serrage (fig. 3)* se compose d'un électro-aimant E, qui peut attirer un plateau *m* et permettre ainsi le soulèvement d'un pointeau *a* en même temps que la fermeture d'un pointeau *v*.

Elle comprend, en outre, un système mobile composé d'un diaphragme *d* et d'un clapet *c* maintenu fermé par un ressort *r*.

La *valve électrique de desserrage (fig. 3)* comporte le même électro-aimant E′ avec un plateau *n* pouvant être attiré et permettant le soulèvement d'un pointeau *a′* en même temps que la fermeture d'un pointeau *v′*.

Elle comprend, en outre, un système mobile composé d'un diaphragme *d′* et de deux clapets *f* et *g* maintenus soulevés par un ressort *r′*.

Quant à la *triple valve (fig. 3)*, elle a été modifiée comme il suit :

Le bouchon supérieur a été remplacé par un nouveau bouchon comportant deux bornes b^4 et b^5 qui communiquent avec deux contacts flexibles d'argent *t′* et *t*.

La partie supérieure de la tige du piston a été filetée et a reçu une pièce x portant deux saillies, dont l'une peut venir en contact avec t' et l'autre avec t.

Les bornes b^4 et b^5 sont reliées respectivement aux bornes b^2 et b des valves électriques dont les bornes b^1 et b^3 communiquent, la première avec le fil de serrage, la deuxième avec le fil de desserrage.

Le *robinet de manœuvre (fig. 4)* comporte cinq positions :

La position I est la position de desserrage à la fois électrique et pneumatique ;

La position V est la position de serrage à la fois électrique et pneumatique ;

La position III est la position neutre absolue dans laquelle ne se produit ni le fonctionnement électrique, ni le fonctionnement pneumatique ;

La position II est la position de desserrage électrique seul ;

Et la position IV est la position de serrage électrique seul.

FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL

Le fonctionnement général est le suivant :

Fonctionnement électro-pneumatique.

Serrage. — Si le mécanicien amène la poignée de son robinet de manœuvre à la position V, le courant de serrage est fermé, et, sous chaque véhicule, le plateau m des valves électriques de serrage est attiré. Immédiatement, l'air de la conduite générale qui agissait sous le pointeau a, soulève ce pointeau et passe par le conduit o pour venir agir sur la surface du diaphragme d. En même temps, le pointeau v est fermé et empêche toute perte d'air à l'extérieur. Aussitôt, le système mobile d, c, est abaissé avec le maximum de vitesse possible, puisque d'un côté du diaphragme d on a toujours la pression atmosphérique et de l'autre la pression de la conduite générale, et l'air de cette conduite s'échappe à l'extérieur, sous chaque véhicule par c, e. Dès que la dépression est suffisante pour produire l'abaissement du piston des triples valves le contact t cesse et par conséquent le courant de serrage se trouve

ouvert et les valves électriques de serrage reprennent leur position normale de marche.

Toutefois, comme la perte d'air dans la conduite générale n'a été exactement que celle nécessaire à l'abaissement du piston des triples valves, la diminution de pression qui se produit au-dessus de ce piston, par suite du passage de l'air des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins, fait presque immédiatement remonter le piston en question. Aussitôt le contact *t* se trouve rétabli, et par conséquent le courant de serrage fermé. Il en résulte un nouveau fonctionnement des valves électriques de serrage et une nouvelle perte d'air dans la conduite générale, ayant pour résultat un nouvel abaissement des triples valves et une nouvelle rupture du circuit.

Le robinet de manœuvre restant à la position V, la même série de phénomènes se renouvelle deux, trois ou quatre fois, comme l'indique fort bien le diagramme, jusqu'au moment où la perte d'air de la conduite générale, qui a lieu par le robinet de manœuvre, se fait sentir au niveau de la voiture considérée, ou jusqu'à ce que la perte d'air dans la conduite générale par les valves électriques de serrage ait été suffisante pour amener le serrage à fond.

Ces trois ou quatre *balancements* demandent au maximum trois secondes pour se produire, et *ont lieu simultanément sur tous les véhicules du train, quel que soit leur nombre.*

On voit donc que pendant le serrage électro-pneumatique, le fonctionnement pneumatique se produit comme à l'ordinaire, c'est-à-dire que l'air de la conduite générale s'échappe en grand par le robinet de manœuvre, pendant que l'action électrique se poursuit.

Le fonctionnement électrique a donc pour but de venir en aide au fonctionnement pneumatique en produisant sur tout le train, instantanément, des dépressions locales là où la dépression pneumatique n'a pas encore eu le temps d'arriver.

Le fonctionnement électrique remplace donc, en un mot, le fonctionnement pneumatique jusqu'à ce que ce dernier ait agi.

Il en résulte que sur les dernières voitures d'un train long, le fonctionnement électrique aura produit le serrage à fond avant même que le fonctionnement pneumatique ait eu le temps d'intervenir. Par conséquent, pour un véhicule de rang quelconque, la durée maximum du serrage à fond sera celle demandée par le serrage électrique, qui est, comme on l'a vu, de 3 secondes

au plus, tandis qu'aujourd'hui les sabots des freins de la vingt et unième voiture d'un train, ne commencent à se mettre en mouvement, d'après les expériences du *capitaine Douglas Galton*, qu'au bout de 3 secondes, le serrage à fond n'étant obtenu qu'après 5 secondes 1/2.

C'est cette différence dans la durée de propagation et l'instantanéité d'action sur toute la longueur du train, qui donneront, surtout aux grandes vitesses, *une diminution très notable de la longueur des arrêts d'urgence.*

Desserrage. — Pour desserrer, le mécanicien place son robinet à la position I. Immédiatement, le courant de dressage est fermé ; le plateau *n* de la valve électrique de desserrage est soulevé et l'air du réservoir auxiliaire qui agissait sous le pointeau *a'*, passe par *a'*, *s*, pour venir agir sur le diaphragme *d'*. Le système mobile *d'*, *f*, *g*, est alors abaissé, le clapet *f* ouvert, et le clapet *g* fermé. Il s'ensuit que, sous chaque voiture l'air des cylindres à freins s'échappe par *f*, *e'*, à l'extérieur et produit par conséquent le desserrage. En même temps, la rentrée d'air du réservoir principal s'effectue par le robinet de manœuvre et rétablit progressivement la pression dans la conduite générale.

Aussitôt que pour un véhicule de rang quelconque cette pression est suffisante pour faire remonter la triple valve, le contact *f'* quitte la tige et le courant de desserrage se trouve rompu.

A partir de ce moment, les organes de la valve électrique de desserrage reprennent leur position normale de marche et le reste de l'air contenu dans les cylindres à freins s'échappe à l'extérieur comme à l'ordinaire, par la triple valve, dont le tiroir ferme alors la communication avec le réservoir auxiliaire.

Il est à remarquer que pendant tout le temps que l'échappement de l'air a eu lieu par la valve électrique de desserrage, le clapet *g* a empêché toute perte d'air du réservoir auxiliaire vers l'extérieur.

Ainsi qu'on l'a vu pour le serrage, le fonctionnement électrique n'a donc pour but que de venir en aide au fonctionnement pneumatique et de le remplacer jusqu'à ce qu'il ait eu le temps de se produire.

Il en résulte que sur les derniers véhicules d'un train long, le desserrage aura lieu entièrement par l'électricité seule, avant même que la pression dans la conduite générale ait eu le temps de s'y propager et de mettre en mouvement les triples valves.

Donc, sur un véhicule de rang quelconque, le desserrage s'effectuera entièrement dans le temps maximum demandé par le desserrage électrique, temps qui ne dépasse pas 2 secondes 1/2.

Cette rapidité du desserrage, qui n'a encore été obtenue par aucun appareil, même à action rapide, est la seule qui permette les ralentissements et la remise en marche sans arrêt avec un train d'une certaine longueur, sans donner lieu aux réactions qui se produisent inévitablement lorsque la durée du desserrage dépasse quelques secondes, réactions qui sont assez violentes pour donner lieu, la plupart du temps, à des ruptures d'attelages.

Fonctionnement électrique seul.

Serrage à fond. — Lorsque le mécanicien met son robinet à la position IV, les orifices destinés à assurer le fonctionnement pneumatique ne communiquent pas entre eux, et par conséquent aucune perte d'air ne se produit par le robinet de manœuvre.

Toutefois, le courant électrique de serrage est fermé, et par conséquent des pertes d'air locales ont lieu instantanément sous chaque véhicule par les valves électriques de serrage. Ces pertes d'air amènent l'abaissement des triples valves et par suite le passage d'une certaine quantité d'air des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins; mais, dès que par suite de ce passage, la pression se raréfie au-dessus du piston des triples valves, le même *balancement* qui a été décrit plus haut se produit jusqu'à ce que la perte d'air par les valves électriques de serrage sous chaque véhicule soit suffisante pour assurer le serrage à fond, c'est-à-dire pour maintenir les pistons des triples valves au bas de leur course et assurer, par conséquent, la libre communication des réservoirs auxiliaires avec les cylindres à freins.

Ce serrage électrique ne demande pas 3 secondes *quel que soit le nombre des véhicules.*

Serrage modérable. — Si, au lieu de maintenir son robinet à la position IV, le mécanicien l'y laisse seulement un court instant et le ramène à la position III, rompant ainsi lui-même le circuit, il passe des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins une certaine quantité d'air proportionnelle à la dépression qui a été faite sous chaque véhicule.

Or, comme à chaque *balancement* du piston de la triple valve, la

dépression produite est limitée d'une manière invariable et pour ainsi dire mathématique par le commutateur automatique de la triple valve, de telle sorte qu'après chaque évacuation d'air, les pistons des triples valves remontent et restent en équilibre, de façon à assurer la fermeture par le tiroir de toute communication entre les réservoirs auxiliaires et les cylindres à freins, la pression introduite dans ces derniers reste telle qu'elle était, ne peut pas augmenter, et ne peut baisser légèrement que par suite de la non-étanchéité des cuirs des pistons des cylindres à freins.

Si le mécanicien désire augmenter le serrage, il ramène un instant son robinet à la position IV pour le replacer ensuite à la position III, de façon à provoquer sous chaque véhicule une nouvelle perte d'air qui produit un nouveau mouvement des triples valves, et donne lieu à un nouveau passage d'air des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins.

En répétant plusieurs fois cette manœuvre, le mécanicien a donc la possibilité de *graduer le serrage*, c'est-à-dire d'augmenter à volonté la pression dans les cylindres à freins, tout en étant certain que la pression ainsi créée restera constante, et ne pourra subir d'abaissement que par suite de fuites dues à la non-étanchéité des cuirs.

On verra aux diagrammes qu'on obtient jusqu'à six échelons de modérabilité au serrage.

Desserrage à fond. — Si le mécanicien place son robinet à la position II et l'y laisse, le courant de desserrage est fermé et le système d', f, g des valves électriques de desserrage est abaissé. La vidange de l'air des cylindres à freins s'effectue donc simultanément et intégralement sous chaque voiture par les valves électriques de desserrage, qui, en même temps, grâce à la fermeture du clapet g, empêchent toute perte d'air des réservoirs auxiliaires vers l'extérieur.

Dans la position II comme dans la position IV, le fonctionnement pneumatique n'a pas lieu.

Desserrage modérable. — Si, après un serrage modéré, au lieu de laisser le robinet à la position de desserrage II, le mécanicien l'y amène seulement un instant pour le remettre ensuite à la position III, il ne s'échappe des cylindres à freins que la quantité d'air correspondant au temps qu'a duré le courant, et le clapet f se referme. Il en résulte que par une série de manœuvres

successives, le mécanicien peut arriver à *abaisser graduellement la pression dans tous les cylindres à freins, d'une quantité aussi faible qu'il le désire*, puisque le tiroir de la triple valve ferme toujours comme nous l'avons vu plus haut, la communication du cylindre à freins avec le réservoir auxiliaire, grâce à l'action invariable du commutateur automatique. La modérabilité s'effectuera du reste au desserrage avec encore bien plus de précision qu'au serrage, puisqu'elle résulte purement et simplement d'une perte d'air correspondant à la durée du courant, au lieu de résulter du passage d'une certaine quantité d'air correspondant à une dépression donnée et de dépendre par conséquent du fonctionnement des triples valves.

Combinaison de la modérabilité au serrage et au desserrage. — Il est évident, d'après ce qui précède, que, lors de la descente d'une pente, par exemple, et suivant les variations du profil et les fuites dues à la non-étanchéité des cylindres à freins, le mécanicien peut, à volonté, en amenant successivement le robinet aux positions II, III et IV, diminuer ou augmenter la pression dans les cylindres à freins, de façon à l'amener toujours à celle qui lui permet exactement de vaincre l'accélération du train due à un ensemble de circonstances données. Il est donc entièrement maître de sa vitesse.

Cas de serrage intempestif dû à une rupture de boyau ou à une avarie semblable.

Premier cas. — (Le robinet du mécanicien est à la position normale d'alimentation (position I *bis*) ou exceptionnellement à la position de desserrage.)

On sait qu'une fois le desserrage effectué et le train remis en marche, le mécanicien doit toujours mettre son robinet à la position I *bis* dite *d'alimentation* située entre les positions I et II, et dans laquelle il passe à la conduite générale une quantité d'air très faible et simplement destinée à contrebalancer les fuites locales qui pourraient amener un abaissement de pression. Si, dans cette position, il se produit une rupture de boyau, les pistons des triples valves s'abaissent par suite de la vidange de la conduite générale, le courant de desserrage se trouve immédiatement fermé par suite même de la position du robinet de manœuvre et des

contacts qui y sont établis. L'air des réservoirs auxiliaires, qui tendrait à se précipiter dans les cylindres à freins, en est alors empêché par le fonctionnement immédiat de toutes les valves électriques de desserrage et, par conséquent, par la fermeture des clapets *g*. Il ne se produit donc aucun serrage; toutefois, le mécanicien est averti de l'incident :

1° Par le manomètre de la conduite générale qui tombe à *zéro*;

2° Par la marche désordonnée de la pompe de compression qui atteint son maximum de vitesse, et cherche à compenser la perte d'air de la conduite générale;

3° Par le sifflet avertisseur pour les Compagnies qui possèdent cet organe;

4° Au besoin, si on le désire, par une sonnerie spéciale fonctionnant lors du passage du courant électrique de desserrage.

On verra toutefois plus loin que, si on considérait ces avertissements comme insuffisants, on peut obtenir, même dans cette position du robinet de manœuvre, un blocage immédiat du train.

Deuxième cas. — (Au lieu d'avoir son robinet à la position de desserrage ou à la position d'alimentation, le mécanicien l'a à la position neutre absolue.)

Dans ce cas, qui se produit le plus souvent, lorsque le mécanicien a déjà fait un serrage modéré, et a dû, par conséquent, pour le maintenir, remettre son robinet à la position III, la rupture de boyau produit l'abaissement successif de toutes les triples valves, sans que le courant électrique de desserrage se trouve fermé automatiquement et sans, par conséquent, que les clapets *g* soient appliqués sur leurs sièges.

Il s'ensuit donc une communication complète de tous les réservoirs auxiliaires avec les cylindres à freins, et, par conséquent, un commencement de serrage à fond des freins sur tout le train. Mais dès que le mécanicien sent la résistance produite par suite de ce fait, il n'a qu'à mettre le robinet à la position II pour qu'immédiatement le courant électrique de desserrage passe et abaisse, par conséquent, le système mobile des valves électriques de desserrage en mettant en communication tous les cylindres à freins avec l'extérieur et en empêchant l'air des réservoirs auxiliaires de se perdre.

L'arrêt intempestif sera donc dans ce cas aussi évité, car, à la volonté du mécanicien, le desserrage se produira avant même

que le ralentissement dû au serrage des freins ait été sensible, le desserrage électrique étant obtenu en 3 secondes, tandis que l'arrêt du train demanderait au minimum 15 à 20 secondes.

Remarque. — Il est évident que si l'on supprime le contact électrique à la position du robinet dite *d'alimentation*, pour permettre le blocage du train par les voyageurs ou par les conducteurs, on se trouvera exactement dans les mêmes conditions que si le robinet était à la position neutre, c'est-à-dire qu'on aura un blocage immédiat ; mais le mécanicien pourra à sa guise desserrer électriquement son train, comme nous l'avons vu, ou laisser l'arrêt se produire.

Il est à remarquer que dans tous les cas, les réservoirs auxiliaires conservent toujours une pression notable et n'ont perdu, au maximum, que l'air nécessaire pour assurer le premier serrage à fond. Lors donc que le mécanicien jugera le moment propice pour arrêter son train, il n'aura qu'à ramener la poignée de son robinet à la position neutre pour qu'immédiatement le courant de desserrage cesse d'être fermé et que, par conséquent, une nouvelle charge d'air passe des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins. Il desserrera comme précédemment, et il lui sera loisible, *bien que sa conduite soit toujours ouverte, d'arrêter*, s'il le désire, *trois ou quatre fois son train*, et, par conséquent, de repartir avec la vitesse normale, jusqu'à ce qu'il ait atteint la station où se fera le remplacement de la rotule avariée, sous la protection des signaux.

Cas de serrage intempestif d'une voiture.

Il arrive souvent que par suite de dépressions locales et de sensibilité un peu plus grande des triples valves, une voiture d'un train se bloque en cours de route. Il est évident qu'il se produira pour cette voiture exactement les mêmes phénomènes qui viennent de se produire lors de la rupture de la conduite générale, avec robinet dans la position d'alimentation, c'est-à-dire que la valve électrique de desserrage de la voiture en question s'abaissera et produira par conséquent immédiatement l'échappement à l'extérieur de l'air qui avait pénétré dans le cylindre à freins.

C'est donc la *suppression absolue de tout arrêt des trains en cours de route, par suite de blocage intempestif de voiture isolée.*

Remarque. — Il est bon de rappeler qu'à l'heure actuelle, lorsqu'une rupture de boyau a lieu dans un train, le mécanicien ne peut produire, de sa machine, le desserrage des voitures, et qu'on est obligé de vidanger successivement tous les réservoirs auxiliaires du train à l'aide des valves de purge, opération qui entraîne toujours un arrêt en pleine voie de 15 minutes environ pour permettre au conducteur d'arrière d'assurer la protection.

Si, au lieu d'une rupture de boyau, il s'agit du blocage intempestif d'une voiture, le personnel du train doit, ce qui n'est pas toujours sans danger, se porter le long des marchepieds pour isoler la voiture s'il s'aperçoit du blocage; mais la résistance d'une voiture serrée n'appelle pas le plus souvent l'attention du mécanicien, et les voyageurs doivent rester soumis à des secousses violentes jusqu'au premier arrêt.

DIAGRAMMES DU FONCTIONNEMENT

Les diagrammes qui sont donnés planche 155 et qui ont été relevés, à l'aide d'un manomètre-enregistreur de MM. Richard frères, ne sont en réalité que la traduction graphique des explications précédentes.

La *première partie* présente le serrage à la fois électrique et pneumatique (position V) et le desserrage à la fois électrique et pneumatique (position I).

La *deuxième partie* présente le serrage électrique seul en trois *balancements* (position IV) et le desserrage électrique seul (position II).

La *troisième partie* présente le serrage électrique modérable avec six échelons de pression successifs dans les cylindres à freins (positions IV-III) et le desserrage électrique modérable avec abaissements successifs de la pression dans les cylindres à freins (positions II-III) en nombre aussi grand qu'on le désire.

La *quatrième partie* présente toute une série de serrages et de desserrages électriques modérables avec augmentation et réduction successives de la pression dans les cylindres à freins (positions IV, III, II).

La *cinquième partie* présente la rupture d'un boyau, le robinet étant à la position I ou à la position I *bis* d'alimentation. On voit que la pression introduite dans le cylindre à freins est à peine de

200 *g*, et n'est même pas suffisante pour vaincre la résistance du ressort de rappel de ce cylindre.

La *sixième partie* montre les serrages et desserrages successifs (positions (III-II) que le mécanicien a encore à sa disposition tout en ayant sa conduite ouverte.

On remarque que ces serrages diminuent d'intensité depuis 3 *kg* environ jusqu'à 500 *g*, par suite, bien entendu, de l'appauvrissement successif des réservoirs auxiliaires.

La *septième partie* montre la rupture d'un boyau au moment où le frein était déjà légèrement serré (600 *g* environ) et où, par conséquent, le robinet était à la position III. Aussitôt après le blocage, on peut voir le desserrage électrique immédiat suivi de quatre ou cinq serrages et desserrages successifs que le mécanicien peut encore faire à volonté bien que sa conduite générale soit ouverte.

RÉSUMÉ

Il nous reste maintenant à résumer en quelques mots les avantages principaux qui résultent de la transformation du frein Westinghouse à l'aide du dispositif électro-pneumatique de M. Chapsal. Cette transformation s'appliquerait de même à tout système de freins, en se servant toujours comme commutateur des parties mobiles du distributeur ou de tout autre organe mobile, dont le mouvement en dépendra.

Ces avantages sont les suivants :

I. — On a toujours à sa disposition deux freins absolument distincts, fonctionnant simultanément, par la même manœuvre, mais tout à fait indépendants l'un de l'autre; on double donc ainsi les moyens de sécurité actuelle.

II. — On obtiendra une réduction très notable des arrêts d'urgence, grâce à l'instantanéité du serrage, sur tous les véhicules du train.

III. — Le fonctionnement devient entièrement indépendant du nombre de ces véhicules, puisque chacun a, pour ainsi dire, son mode de fonctionnement propre, mis en action par un courant électrique dont la durée de propagation est inappréciable.

IV. — Le desserrage aussi bien que le serrage sont instantanés, quelle que soit la longueur du train, et on a, par conséquent, la

possibilité de ralentir et de repartir sans arrêt, sans avoir à craindre les ruptures d'attelage dont il a été question.

V. — On possède la modérabilité au serrage et la modérabilité absolue au desserrage; ces deux modérabilités combinées permettent la descente des pentes dans des conditions exceptionnelles en donnant à volonté telle variation de pression qu'on désire dans les cylindres à freins.

VI. — En cas de rupture de boyau, avec le robinet de manœuvre à la position de desserrage ou d'alimentation, suppression de l'arrêt intempestif, tout en avertissant le mécanicien du fait qui vient de se produire, et en lui donnant la faculté d'arrêter son train à l'endroit qu'il jugera le plus convenable.

VII. — Possibilité, bien que la conduite soit ouverte, de faire encore quatre ou cinq serrages et autant de desserrages à volonté.

VIII. — Dans le cas de rupture des boyaux, avec robinet à la position neutre, ou dans le cas de suppression de contact à la position d'alimentation, blocage du train et déblocage immédiat avant même qu'il ait subi un ralentissement notable, tout en conservant la possibilité de faire à volonté quatre ou cinq serrages et desserrages ultérieurs.

IX. — Suppression de tout blocage intempestif de voiture isolée en cours de route.

X. — Suppression des ratés qui ont été constatés quelquefois, dans le frein automatique par suite de l'obturation de la conduite générale par des fragments de boyaux avariés.

XI. — En cas de raté électrique, fonctionnement du frein pneumatique dans les conditions ordinaires et sans aucun retard.

XII. — Facilité de visite des appareils électriques qui sont tous indépendants des organes du frein, et mélange possible des freins électro-pneumatiques transformés avec des freins ordinaires.

Telles sont les explications que nous avons pensé être de nature à intéresser beaucoup de nos Collègues, et plus particulièrement ceux qui tiennent de près ou de loin aux Compagnies de chemins de fer, et c'est précisément l'intérêt profond qui s'attache à l'heure actuelle à ces questions au point de vue de la sécurité, de l'exploitation et à tant d'autres encore, qui nous a conduit à exposer un peu longuement peut-être cette invention si pleine d'intérêt et de nouveauté.

RÉSISTANCE

DES

TERRAINS SABLONNEUX

AUX CHARGES VERTICALES ET A LEUR PROPRE POIDS

NOUVELLE THÉORIE GÉNÉRALE

PAR

M. F. CHAUDY

On se souvient que la résistance des terrains sablonneux aux charges verticales a fait l'objet d'une étude de M. Yankowski, parue dans le *Bulletin* de novembre 1892. Dans la note présente, nous étudions la même question en faisant usage de moyens absolument différents de ceux utilisés par notre collègue ; ces moyens nous conduisent d'ailleurs à des résultats entièrement nouveaux se rapprochant beaucoup, ainsi qu'on le verra, des faits que l'on constate expérimentalement. Ceci dit, nous entrons immédiatement dans notre sujet qui comprendra, non seulement l'étude de la poussée des terres surchargées, mais encore celle de la poussée des terres sans surcharge.

Action des charges verticales.

I. — On verra, à la simple lecture de cette note, que la méthoa de calcul employée pour étudier les effets d'une charge verticale peut s'appliquer aussi bien lorsque la direction de l'effort exercé sur les terres est inclinée. Il me suffira donc de développer entièrement le cas des charges verticales ; c'est celui qui se présente le plus souvent en pratique.

Considérons un mur dont la base est en *ab* à une certaine pro-

fondeur dans le terrain *(fig. 1)*. Pour 1 *m* de longueur de mur, la pression sur *ab* sera désignée par P_0. Cette pression agit sur un

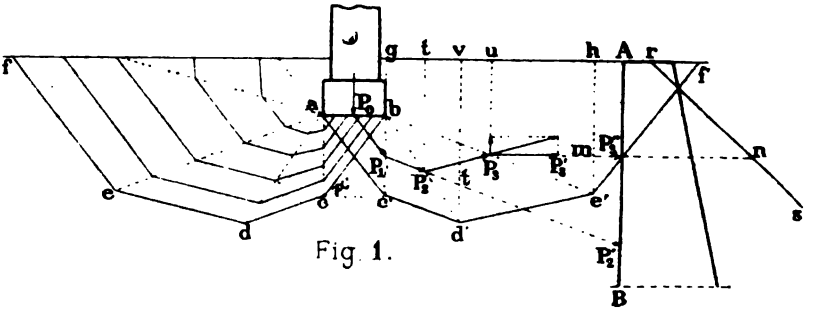


Fig. 1.

prisme de terre de 1 *m* de longueur et *dont la section transversale est* abc. Nous sommes en droit de décomposer, par la pensée, ce prisme en une série de lames par des plans parallèles au plan *ac*. Soit *(fig. 2)* l'une de ces lames dont la hauteur est *h*, et dont la largeur *b* peut être aussi petite qu'on voudra. Nous pouvons regarder cette lame comme formée par la superposition de feuillets MN inclinés et formant avec le plan horizontal un certain angle α. Sous l'action d'une charge *p* agissant au sommet AB de la lame *h*, les feuillets glissent les uns sur les autres sans changer de dimensions; leur inclinaison sur le plan horizontal diminue, et il en résulte, comme le montre la figure 2, une diminution de la hauteur *h* qui devient *h'*, et une augmentation de la largeur *b* qui devient *b'*. En passant de MN en M'N', les feuillets exercent une poussée dont la direction primitive fait avec l'horizontale un angle α. C'est la valeur initiale de cette poussée qu'il s'agit de connaître. Pour la déterminer, nous appliquerons le théorème de l'égalité du travail moteur et du travail résistant, en considérant une variation $d\alpha$ de l'angle α.

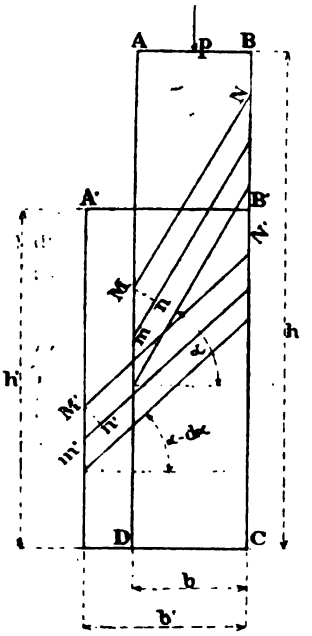


Fig. 2.

II. — Le volume de la terre composant la lame ne changeant pas, on a l'égalité :

$$bh = b'h'$$

D'autre part :

$$b' = \text{M'N' cos } (\alpha - d\alpha) = \text{MN cos } (\alpha - d\alpha) = b \cdot \frac{\cos (\alpha - d\alpha)}{\cos \alpha}.$$

Il résulte de là :

$$h' = h \frac{b}{b'} = h \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos (\alpha - d\alpha)}.$$

Lorsque α devient $\alpha - d\alpha$, le travail produit par la charge p a pour expression :

$$p (h - h') = ph \cdot \frac{\cos (\alpha - d\alpha) - \cos \alpha}{\cos (\alpha - d\alpha)}.$$

Le travail de la poussée totale Q, exercée tout le long de la face AD suivant la direction NM à l'origine du mouvement, est :

$$Q \frac{b' - b}{\cos \alpha} = Q\, b \cdot \frac{\cos (\alpha - d\alpha) - \cos \alpha}{\cos^2 \alpha}.$$

Enfin, si f désigne le coefficient de frottement des terres sur elles-mêmes, le travail du frottement sera représenté par :

$$\int_0^h fp \cos \alpha \ (mn - m'n')$$

$$= \int_0^h fp \cos \alpha \left[\text{tg } \alpha - \text{tg } (\alpha - d\alpha)\right] de$$

$$= \int_0^h fp \cos^2 \alpha \left[\text{tg } \alpha - \text{tg } (\alpha - d\alpha)\right] dy$$

$$= fph \cos^2 \alpha \left[\text{tg } \alpha - \text{tg } (\alpha - d\alpha)\right].$$

En écrivant qu'il y a égalité entre le travail moteur et le travail résistant, j'obtiens l'équation suivante :

$$(1) \quad ph \cdot \frac{\cos (\alpha - d\alpha) - \cos \alpha}{\cos (\alpha - d\alpha)} = Q\, b \cdot \frac{\cos (\alpha - d\alpha) - \cos \alpha}{\cos^2 \alpha} + fph \cos^2 \alpha \left[\text{tg } \alpha - \text{tg } (\alpha - d\alpha)\right].$$

Lorsque $d\alpha$ devient nul, l'expression :

$$\frac{\cos (\alpha - d\alpha) - \cos \alpha}{- d\alpha}$$

devient la dérivée de $\cos \alpha$, c'est-à-dire $-\sin \alpha$; d'autre part, l'expression :

$$\frac{\operatorname{tg}(\alpha - d\alpha) - \operatorname{tg} \alpha}{-d\alpha}$$

devient $\frac{1}{\cos^2 \alpha}$.

Il résulte de là que l'équation (1) devient, lorsque $d\alpha = 0$:

$$ph \operatorname{tg} \alpha = \frac{Qb}{\cos \alpha} \cdot \operatorname{tg} \alpha + fph. \tag{1 bis}$$

De là nous tirons :

$$Q = \frac{p}{b} h \cos \alpha \left[1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha}\right].$$

Il faudra prendre pour α la valeur qui rend Q maximum. On sait que si φ représente l'angle du talus naturel des terres avec un plan horizontal, on a $f = \operatorname{tg} \varphi$. La valeur de α qui rendra Q maximum sera comprise entre φ et $\frac{\pi}{2}$; elle sera donnée par la dérivée de $\cos \alpha \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha}\right)$ égalée à zéro, c'est-à-dire par l'équation du troisième degré :

$$\operatorname{tg}^3 \alpha - 2f \operatorname{tg}^2 \alpha - f = 0.$$

Désignons par α' la racine réelle de cette équation. On aura donc :

$$Q = \frac{p}{b} h \cos \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right).$$

On remarquera que $\frac{p}{b}$ est la pression due à p par unité de surface transversale, c'est-à-dire de surface perpendiculaire à la direction de p.

III. — La pression totale P_1 appliquée au milieu de bc' ou de ac (*fig. 1*) aura alors pour expression, puisque $\frac{P_0}{ab}$ est la pression due à P_0 par unité de surface transversale (1) :

$$P_1 = \frac{P_0}{ab} \times bc' \times \cos \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right)$$
$$= P_0 \sin \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right).$$

(1) Chaque prisme abc' ou abc peut se décomposer en lames analogues à celle de la figure 2. Nous négligeons le frottement qui s'exerce sur les faces verticales de ces lames, ce qui revient à admettre que bc et ac' sont des droites au lieu des courbes réelles. Cette simplification conduit à une poussée un peu plus forte que la poussée réelle. On peut donc l'admettre en toute sécurité.

Menons par le point b la droite bd' parallèle à ac' puis, par le point c', la droite $c'd'$ faisant avec bd' un angle $c'd'b'$ égal au complément de l'angle α'. De même que la poussée P_0 devient P_1 sur le plan bc', de même P_1 devient P_2 sur le plan bd', et on a, puisque $\frac{P_1}{\overline{bd'}\ 2 \operatorname{tg} \alpha'}$ exprime la pression due à P_1 par unité de surface transversale :

$$P_2 = \frac{P_1}{\overline{bd'}\ 2 \operatorname{tg} \alpha'} \times bd' \times \cos \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right) = 2P_1 \sin \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right).$$

Menons be' parallèle à $c'd'$, puis $d'e'$ faisant avec be' un angle $d'e'b$ égal au complément de l'angle α'. La pression P_3 s'exerçant au milieu de be' sera :

$$P_3 = 2P_2 \sin \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right).$$

On pourrait continuer ainsi l'épure et le calcul des poussées successives jusqu'à celle dont la composante verticale serait dirigée de *bas en haut*. Dans le cas de la figure 1, c'est à la poussée P_3 qu'il convient de s'arrêter. Sa composante verticale est $P_3 \cos \alpha'$. Cette composante doit être inférieure au poids du prisme de terre *gbe'h*. C'est la condition qui doit être remplie pour que la stabilité du mur soit convenablement assurée. S'il n'en était pas ainsi, les terres se soulèveraient sous l'influence d'une poussée P_4 parallèle à $e'f'$ à l'origine du mouvement de soulèvement. Au début de ce mouvement, les plans de glissement des terres les unes sur les autres ou, en d'autres termes, les bases des lames telles que ABCD (*fig. 2*), seraient sur ac', $c'd'$, $d'e'$, $e'f'$ à droite du mur, sur bc, cd, de, ef à sa gauche. A chaque instant, les inclinaisons de ces plans, que nous avons désignées par α sur la figure 2, varieraient de telle sorte que leur enveloppe constituerait une surface cylindrique dont l'expérience de M. Yankowski a montré l'existence. C'est cette surface cylindrique qui est la surface séparatrice des terres mobiles et des terres immobiles. Mais on voit que pour l'étude de la stabilité du mur il n'est pas nécessaire du tout de définir davantage cette surface et qu'il suffit de connaître la surface prismatique qui en est le point de départ.

IV. — Faisons une application dans l'hypothèse d'un terrain pesant 1 600 *kg* le mètre cube et dont le talus naturel est de 45°. Dans ce cas, comme nous le calculerons plus loin, l'angle α' qui correspond au maximum de Q a pour valeur 65°36′. Nous menons donc *(fig. 3)* les droites *b*A, *b*B, *b*C, *b*D, *b*E, chacune d'elles faisant

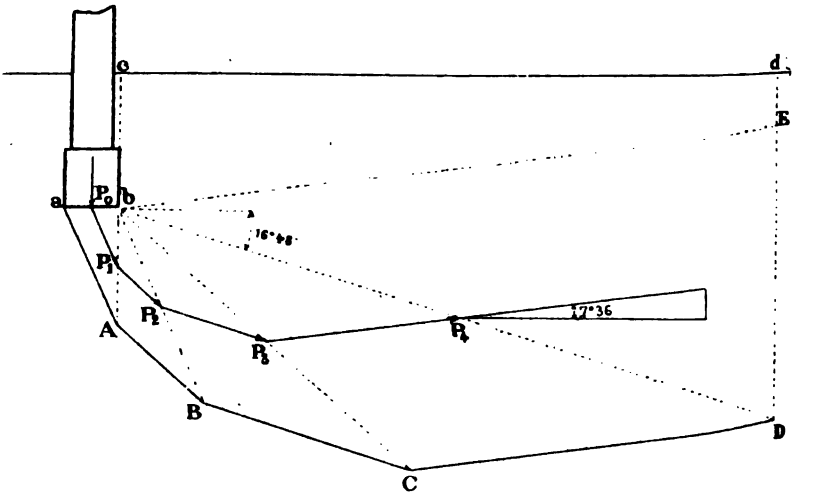


Fig. 3.

avec la précédente un angle de $90° - 65°36' = 24°24'$. L'effort P_0 devient P_1, puis P_2, puis P_3 et enfin P_4 comme nous l'avons expliqué au paragraphe précédent. On a successivement :

$$P_1 = P_0 \sin \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right).$$

$$P_2 = 2P_0 \sin^2 \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right)^2$$

$$P_3 = 4P_0 \sin^3 \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right)^3$$

$$P_4 = 8P_0 \sin^4 \alpha' \left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha'}\right)^4$$

$$= 8P_0 \sin^4 65°36' \times \left(1 - \frac{1}{\operatorname{tg} 65°36'}\right)^4 = 0{,}489P_0.$$

La composante verticale de cet effort a pour valeur :

$$0{,}489P_0 \sin 7°36' = 0{,}064P_0.$$

D'un autre côté, on a :

$$bA = ab \operatorname{tg} \alpha'$$
$$bB = 2bA \sin \alpha' = 2ab \operatorname{tg} \alpha' \sin \alpha'$$
$$bC = 2bB \sin \alpha' = 4ab \operatorname{tg} \alpha' \sin^2 \alpha'$$
$$bD = 2bC \sin \alpha' = 8ab \operatorname{tg} \alpha' \sin^3 \alpha'$$
$$cd = bD \cos 16°48' = 8ab \operatorname{tg} 65°36' \sin^3 65°36' \cos 16°48'$$
$$= 12{,}76ab$$
$$dD = cb + cd \operatorname{tg} 16°48' = cb + 3{,}85\,ab.$$

Le poids du prisme de terre *cdDb*, qui a un mètre d'épaisseur, sera :

$$(cb + 1{,}925\,ab)\,12{,}76\,ab \times 1\,600\ kg$$
$$= 20\,416ab\,(cb + 1{,}925ab).$$

Pour que la stabilité du mur soit convenablement assurée, il faudra qu'on ait :

$$0{,}064P_0 \leqslant 20\,416ab\,(cb + 1{,}925ab). \qquad (1)$$

Nous venons d'admettre que la composante verticale de la poussée P_1 trouvait, pour être équilibrée, le poids du prisme de terre *cdDb*. Nous supposons ainsi qu'il existe entre tous les éléments de ce prisme une solidarité suffisante pour qu'ils puissent agir *en bloc* par leur poids. Cette hypothèse n'est admissible que si on donne à *cb* une valeur assez grande. C'est le cas habituel en pratique, car il faut descendre les fondations jusqu'aux couches de terrain incompressible. Cependant, s'il s'agit de sable, il n'est pas nécessaire alors de faire *cb* très grand, puisque le sable est incompressible. On calculera, dans ce cas, cette profondeur de fondation en considérant l'équation d'équilibre de la poussée verticale par unité de surface avec le poids d'une colonne de terre ayant pour base l'unité de surface et pour hauteur *cb*. Cette équation est la suivante :

$$\frac{0{,}064P_0}{cd} \leqslant \frac{cb \times 12{,}76ab \times 1\,600\ kg}{cd}$$

ou bien :

$$0{,}064P_0 \leqslant 20\,416 \times cb \times ab. \qquad (2)$$

En faisant dans cette équation $\frac{P_0}{ab} = 60\,000$, on trouve :

$$cb = 0{,}18\ m.$$

Ainsi, lorsque le terrain est du sable incompressible pesant 1 600 *kg* le mètre cube, il suffit de 0,18 *m* de fondation pour pouvoir faire travailler ce sol à raison de 6 *kg* par centimètre carré de section.

V. — Lorsqu'il s'agit d'eau au lieu de terre, la théorie ci-dessus montre que la pression par unité de surface $\frac{P_0}{ab}$ se transmet dans le plan vertical *ac* puis dans le plan horizontal *ad* où elle s'exerce de bas en haut. Pour l'équilibre, il faut donc que cette pression $\frac{P_0}{ab}$ soit équivalente au poids d'une colonne de liquide ayant pour base l'unité de surface et pour hauteur h' *(fig. 4)*.

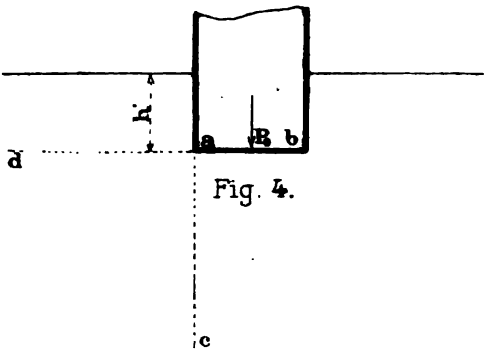


Fig. 4.

VI. — Supposons que le terrain se termine, à droite du mur *(fig. 1)*, par un talus *rs*. Pour que l'équilibre soit convenablement assuré, il faudra que la composante horizontale P'_3 de la poussée P_3 soit inférieure au frottement sur le plan horizontal P_3n du prisme de terre *mhrn*.

VII. — Supposons que les terres soient maintenues en AB par un mur de soutènement *(fig. 1)*. Ce mur devra pouvoir résister aux poussées résultant de la charge P_0, c'est-à-dire aux efforts suivants :

Une poussée horizontale P''_3 égale à la force P'_3 diminuée du frottement sur le plan mP''_3 du prisme de terre $mhAP''_3$;

Une poussée P'_2 égale à la force P_2 diminuée du frottement sur le plan tP'_2 du prisme de terre $tvAP'_2$.

Action du poids propre des terres.

VIII. — Pour étudier l'action du poids propre des terres, revenons à la figure 2 de laquelle nous retranchons la charge *p* agissant à la partie supérieure AB de la lame. Si nous désignons

par δ le poids d'un mètre cube de terrain, le poids du prisme ABCD, considéré toujours sur un mètre de longueur, sera représenté par δbh. Lorsque α devient $\alpha - d\alpha$, le travail produit par ce poids a pour expression :

$$\delta bh\left(\frac{h-h'}{2}\right) = \frac{\delta bh^2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha - d\alpha) - \cos\alpha}{\cos(\alpha - d\alpha)}.$$

Le travail de la poussée totale Q, exercée tout le long de la face AD suivant la direction NM à l'origine du mouvement, est :

$$Qb \cdot \frac{\cos(\alpha - d\alpha) - \cos\alpha}{\cos^2\alpha}.$$

Enfin le travail de frottement sera représenté par :

$$\int_0^h f\delta by \cos^2\alpha\left[\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - d\alpha)\right]dy$$
$$= \cdot \frac{f\delta bh^2}{2}\cos^2\alpha\left[\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - d\alpha)\right].$$

En écrivant qu'il y a égalité entre le travail moteur et le travail résistant, j'obtiens l'équation suivante :

$$(2)\quad \delta bh^2 \cdot \frac{\cos(\alpha - d\alpha) - \cos\alpha}{\cos(\alpha - d\alpha)} = Qb \cdot \frac{\cos(\alpha - d\alpha) - \cos\alpha}{\cos^2\alpha}$$
$$+ \frac{f\delta bh^2}{2} \cdot \cos^2\alpha\left[\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - d\alpha)\right].$$

Lorsque $d\alpha$ devient nul, cette équation devient :

$$(2\ bis)\qquad \frac{\delta bh^2}{2}\operatorname{tg}\alpha = \frac{Qb}{\cos\alpha}\operatorname{tg}\alpha + \frac{f\delta bh^2}{2}.$$

De là nous tirons :

$$Q = \frac{\delta h^2}{2}\cos\alpha\left[1 - \frac{f}{\operatorname{tg}\alpha}\right].$$

IX. — La poussée dQ sur un élément dy a pour expression :

$$dQ = \delta y dy \cdot \cos\alpha\left[1 - \frac{f}{\operatorname{tg}\alpha}\right].$$

La poussée en un point quelconque de AB est donc proportionnelle à la distance qui sépare ce point du sommet A du pare-

ment. Il résulte de là que la poussée totale sur BA est appliquée au tiers de BA à partir de B *(fig. 5)*.

Si ψ désigne l'angle de frottement des terres contre le mur, cette poussée devra être décomposée suivant CD et CB; la composante suivant CD est la partie de la poussée transmise sur le mur. Le parement AB du mur ne doit jamais être dressé; les moellons doivent former des aspérités qui permettront de prendre l'angle ψ égal au moins à α.

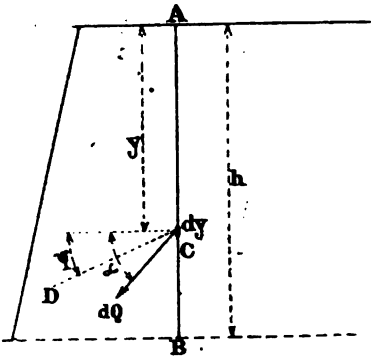


Fig. 5.

X. — Dans l'expression de la poussée, il faut remplacer α par la valeur α' qui rend maximum $\cos\alpha\left[1-\frac{f}{\operatorname{tg}\alpha}\right]$, c'est-à-dire par la racine réelle de l'équation :

$$\operatorname{tg}^3\alpha - 2f\operatorname{tg}^2\alpha - f = 0.$$

Supposons que le talus naturel des terres soit de 45°. Alors

$$f = \operatorname{tg} 45^\circ = 1.$$

L'équation ci-dessus devient :

$$\operatorname{tg}^3\alpha - 2\operatorname{tg}^2\alpha - 1 = 0.$$

Posons : $$\operatorname{tg}\alpha = x + \frac{2}{3}.$$

L'équation transformée devient :

$$x^3 - \frac{4}{3}x - \frac{43}{27} = 0.$$

On a : $$\left(\frac{1}{2}\cdot\frac{43}{27}\right)^2 - \left(\frac{1}{3}\cdot\frac{4}{3}\right)^3 = 0{,}5462.$$

La racine réelle de l'équation est :

$$x = \sqrt[3]{\frac{43}{2\times 27} + \sqrt{0{,}5462}} + \sqrt[3]{\frac{43}{2\times 27} - \sqrt{0{,}5462}} = 1{,}539.$$

Il en résulte : $\operatorname{tg}\alpha = 1{,}539 + \frac{2}{3} = 2{,}205$

$$\alpha = 65°36'.$$

Pour $\delta = 1\,600\ kg$, on aura :

$$Q = \frac{1\,600 \times 0{,}4131}{2}\left(1 - \frac{1}{2{,}205}\right)h^2 = 180h^2.$$

XI. — S'il existe une surcharge de terre de hauteur h' *(fig. 6)*, la poussée due à la surcharge ACE, qui s'exercera au milieu de la hauteur AB du mur de soutènement, aura pour expression :

$$h'\delta h \cos\alpha'\left(1 - \frac{f}{\operatorname{tg}\alpha'}\right).$$

Pour $f = 1$ et $\delta = 1\,600\ kg$, cette poussée aura pour valeur :

$$1\,600 \times 0{,}4131\left(1 - \frac{1}{2{,}205}\right)hh'$$

$$= 361hh'.$$

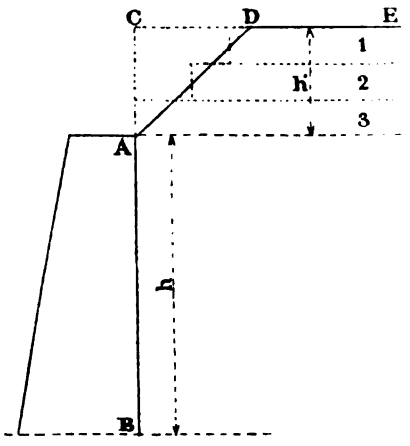


Fig. 6.

La poussée due à la surcharge ADE sera un peu moindre. En prenant pour cette poussée la valeur $361hh'$ on aura donc toute sécurité.

D'ailleurs, si on voulait plus de précision, il suffirait de considérer la masse ADE comme composée de masses partielles à sections rectangulaires, 1, 2, 3 par exemple et d'étudier, conformément aux principes généraux donnés (I, VII), l'effet de chacune de ces masses partielles, en commençant par celle de la partie supérieure. Nous n'insistons pas autrement, le problème ne présentant pas de difficultés après la théorie générale que nous avons établie.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. J.-F. BONNATERRE

PAR

M. P. GASSAUD

M. Joseph-François Bonnaterre, né en 1829, à Villers-le-Bel (Seine-et-Oise), décédé à Paris le 29 novembre 1895, sorti de l'École Centrale des Arts et Manufactures en 1851, section des Constructeurs, membre de la Société depuis 1863.

Aussitôt sorti de l'École, M. J. Bonnaterre entra au Chemin de fer de Paris-Lyon, sous les ordres de M. Sauvage; mais il ne tarda pas à quitter cette Compagnie pour se vouer à l'industrie et à la profession libre d'Ingénieur civil, qui convenait bien à son caractère indépendant.

Notre Collègue débuta dans l'industrie en construisant et dirigeant la distillerie de Frais-Marais près Douai (Nord). Ces débuts dans la distillerie agricole des betteraves décidèrent de sa carrière qui fut entièrement consacrée à l'étude des questions se rattachant à l'agriculture et, particulièrement, aux diverses industries agricoles, dans lesquelles il se spécialisa. Elles étaient loin d'être arrivées alors au degré d'avancement où elles sont aujourd'hui: il a contribué pour une large part à leur perfectionnement.

Il dirigea ensuite la sucrerie et la distillerie de Vic-sur-Aisne; puis fut nommé professeur de technologie agricole à la Ferme-École du Mesnil-Saint-Firmin (Oise) et vint en même temps se fixer à Paris pour y exercer la profession d'Ingénieur civil.

M. J. Bonnaterre fit, en cette qualité, un très grand nombre d'installations industrielles; il créa, presque dans toute la France, de nombreuses distilleries agricoles, système Champonnois, et plusieurs sucreries, notamment celles d'Étrepagny et de Fontenay, dans l'Eure, en 1865 et 1867.

Il a été pendant de longues années l'âme de la Section des Industries agricoles à la grande Société des Agriculteurs de France, dont il a voulu rester simplement secrétaire, près de

vingt ans, jusqu'au jour où ses forces l'ont prématurément trahi, épuisées par un labeur excessif. C'est là que nous avons pu apprécier toute l'étendue de ses connaissances et aussi sa grande bienveillance pour les jeunes, ayant eu l'honneur d'être plusieurs années son Collègue, comme Secrétaire de la même Section.

M. J. Bonnaterre s'est occupé spécialement de sucrerie, de distillerie, de féculerie, d'amidonnerie, de meunerie, d'huilerie, de cidrerie et du traitement industriel des goëmons et de leur utilisation en agriculture.

En sucrerie, il a collaboré avec feu M. Émile Rousseau, et à leurs travaux est due la défécation calcaire des jus qui a apporté une grande augmentation des rendements et n'a pas tardé à être universellement adoptée.

En distillerie, il a collaboré avec notre éminent collègue M. Champonnois, et ils ont, on peut le dire, créé en France la distillerie agricole de la betterave, de la pomme de terre et des grains. C'est à M. J. Bonnaterre qu'est due la première idée de substituer, pour l'extraction des jus, à la presse hydraulique, outil coûteux et brutal, la macération qui contenait, en germe, l'invention de la diffusion qui a plus tard révolutionné l'industrie de la sucrerie. La macération, il est vrai, était bien loin de donner les rendements que l'on obtient par la diffusion, mais le principe était posé.

En huilerie, M. J. Bonnaterre a imaginé un procédé industriel de filtration rapide sur papier qui a été longtemps fructueusement appliqué, à l'aide des *filtres prismatiques* de son invention.

Bien que M. J. Bonnaterre fût un travailleur modeste, sa haute compétence ne tarda pas à être appréciée et à appeler sur lui l'attention. Il obtint de nombreuses récompenses aux divers concours et expositions, en particulier aux Expositions universelles de 1855 et 1867 (médaille d'argent pour un compteur à alcool), une grande médaille d'argent et la grande médaille d'or *(Prix agronomique)* de la Société des Agriculteurs de France. Il fut désigné comme Membre des jurys et Rapporteur dans de nombreux concours agricoles, en particulier à l'Exposition de meunerie de Paris en 1886.

On doit encore à M. J. Bonnaterre d'importantes distributions d'eau de source, notamment celle de la ville d'Abbeville. Au moment même où la maladie l'a obligé à cesser tout travail, il venait de terminer l'installation de l'alimentation en eau de Seine, prise aux Andelys, à 170 mètres d'altitude, des cinquante-quatre

communes ou petites villes du grand plateau normand du Vexin; ce n'était que le début d'un travail d'ensemble, car il projetait de doter d'installations semblables les deux plateaux normands du Neubourg et d'Yvetot, où le manque absolu d'eau potable, plusieurs mois de l'année, arrête le développement de l'agriculture et de l'élevage.

Enfin, M. J. Bonnaterre a contribué à répandre les saines notions agricoles par l'exemple qu'il a donné à ses compatriotes dans la culture de ses terres aux environs de Paimpol (Côtes-du-Nord).

Notre Président à la dernière séance, M. Fleury, exprimait le regret que les agriculteurs ne fussent pas nombreux à la Société; l'éminent et si modeste collègue dont nous avons à déplorer la perte à un âge peu avancé, était tout à la fois un Ingénieur des plus justement appréciés et un agriculteur pratique, éclairé, auquel on doit plusieurs travaux de vulgarisation agricole.

Il y a lieu d'exprimer à sa famille et en particulier à son fils aîné, notre jeune et distingué collègue, M. Augustin Bonnaterre, les regrets que cause à la Société la mort de M. Bonnaterre père.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. Charles PINEL

INGÉNIEUR-MÉCANICIEN A ROUEN

PAR

M. H. VASLIN

Charles-Louis-Marie Pinel, décédé le 5 décembre 1895, était né à Rouen le 29 mai 1843. Il fit ses études à Amiens de 1853 à 1860, puis alla passer deux ans en Angleterre pour les terminer.

Il succéda, quelques années plus tard, à son beau-frère, M. Lethuillier, l'inventeur bien connu de l'Indicateur magnétique, avertisseur de manque d'eau ou d'excès d'eau dans les chaudières lequel a rendu de grands services, en évitant nombre d'accidents. M. Lethuillier, qui avait fondé sa maison en 1847, mourut en 1863, au moment où ses divers appareils pour le service des chaudières commençaient à être sérieusement appréciés.

C'est à cette époque que Mme Lethuillier confia à son frère, M. Charles Pinel, la direction des ateliers, qui n'occupaient encore qu'une trentaine d'ouvriers.

Ch. Pinel poursuivit avec ardeur l'œuvre commencée et devint, cinq années plus tard, l'associé de la maison, dont la prospérité et l'importance ne firent que s'accroître sous son habile direction.

Il perfectionna et augmenta le matériel, il inventa divers appareils pour chaudières, notamment un régulateur d'alimentation, une soupape de sûreté et un clapet d'arrêt de vapeur qui eurent un grand succès, non seulement en France mais dans toute l'Europe.

On peut dire que Ch. Pinel fut, en France, le véritable promoteur de la soupape de sûreté moderne. C'est à lui, d'ailleurs, que l'on doit la soupape de sûreté à échappement progressif, qu'il arriva à établir après une longue étude du problème à résoudre, et dont le succès a été d'autant plus grand que ce système trouve son application sous toutes les formes, aussi bien dans l'industrie que dans la marine et les chemins de fer.

Il serait trop long de citer tous les appareils qui firent le renom

de la maison Lethuillier et Pinel, et lui permirent de lutter avantageusement, sur tous les marchés, contre les usines similaires d'Angleterre et d'Allemagne; qu'il suffise de rappeler qu'elle a obtenu les premières récompenses aux trente-trois expositions industrielles auxquelles elle a pris part.

Ch. Pinel laisse des ateliers de construction en pleine prospérité, et qui occupent, en y comprenant la fonderie de cuivre et de fer qu'il y a annexée, un personnel de plus de 300 ouvriers et employés, dont le sort a toujours été une de ses préoccupations. Dans le but d'améliorer leur condition, il fonda, sans leur imposer aucun sacrifice, une institution de prévoyance, dont les ressources consistent en versements faits par la maison à titre de participation aux bénéfices.

Comme homme privé, Ch. Pinel fut un ami sûr et obligeant, dont beaucoup conserveront un reconnaissant souvenir.

La droiture de son caractère et sa parfaite honorabilité lui concilièrent l'estime générale, et le désignèrent pour occuper des postes importants, où il rendit de grands services par son activité et son intelligence des affaires.

C'est ainsi qu'il fut :

Juge au Tribunal de Commerce de Rouen pendant cinq années;

Vice-président du Comité Directeur de l'Exposition nationale et régionale de Rouen en 1884;

Membre du Jury de l'Exposition maritime du Havre en 1887;

Membre du Comité départemental de l'Exposition universelle en 1889;

Administrateur de la Banque de France, etc.

Ch. Pinel fut membre actif d'un grand nombre de Sociétés, telles que :

L'Association française pour l'avancement des sciences;

La Société française de physique;

La Société industrielle du Nord de la France;

La Société industrielle de Rouen;

La Société libre d'Émulation du Commerce et de l'Industrie de la Seine-Inférieure;

La Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris;

The Institution of Mechanical Engineers d'Angleterre, etc., et l'on peut assurer que partout il laisse de profonds regrets.

CHRONIQUE

N° 192

Sommaire. — Propulsion des bateaux sur les canaux. — Tirage par aspiration. — L'exposition nationale industrielle du Japon. — Le port de vitesse de Heyst. — Un essai de pompe à incendie.

Propulsion des bateaux sur les canaux. — Le problème de la propulsion des bateaux sur les canaux par des moyens mécaniques a été l'objet de nombreuses recherches. On a d'abord cherché à installer un moteur spécial sur chaque bateau, et un système de ce genre, proposé par notre collègue Hervier, a fait l'objet d'une communication de Faure à notre Société il y a une quarantaine d'années. Plus récemment, on a cherché à effectuer la traction par un moteur central mettant en mouvement des câbles sans fin ou envoyant un courant dans un conducteur distribuant l'électricité aux bateaux portant un moteur et un propulseur.

On a récemment repris en Angleterre la question des moteurs indépendants installés sur les bateaux, et on paraît avoir obtenu de bons résultats.

Nous trouvons à ce sujet les renseignements suivants dans un travail de M. H. Barcroft, inséré dans les publications de l'*Institution of Mechanical Engineers*.

L'auteur fait remarquer que le problème présente des difficultés spéciales qui expliquent pourquoi l'immense majorité des bateaux sont encore halés sur les canaux au moyen de chevaux malgré ce que cette solution présente de primitif, de coûteux et d'encombrant. On donne aux bateaux dans tous les sens les plus grandes dimensions compatibles avec celles des écluses, de sorte qu'il ne reste aucune place pour installer des roues latérales ou des hélices à l'arrière. Au cas où on trouverait à la rigueur un emplacement pour ces dernières, on ne pourrait leur donner qu'un diamètre trop faible pour réaliser un effet utile sérieux et les propulseurs seraient exposés à s'embarrasser dans les herbes. Les formes prismatiques qu'on donne aux bateaux pour avoir le maximum de port utile sont très défavorables à la propulsion, et le travail du moteur sert beaucoup plus à refouler l'eau en arrière qu'à faire avancer le bateau.

D'après l'auteur, les conditions à remplir sont les suivantes : 1° les moyens mécaniques à employer doivent pouvoir s'adapter sur les bateaux sans aucune modification à leur coque; 2° le propulseur ne doit gêner en rien le passage aux écluses et sous les ponts; 3° l'installation du moteur ne doit rien prendre sur l'espace réservé au chargement et à l'équipage; 4° le poids du moteur ne doit pas exercer une influence sérieuse sur la capacité de chargement; 5° l'effet des propulseurs ne doit pas pouvoir être gêné par les herbes; 6° enfin la marche du bateau ne

doit pas produire de vague préjudiciable à la conservation des berges des canaux.

Dans ces conditions, on voit qu'il ne reste de disponible pour l'installation d'un propulseur que l'espace existant de chaque côté du gouvernail ; il faut donc aviser à utiliser cet espace assez restreint pour en tirer le meilleur parti possible. L'effet de l'hélice est à la fois de faire avancer le bateau et de refouler l'eau en arrière, et, d'après Rankine, toutes choses égales d'ailleurs, le propulseur le plus efficace est celui qui refoule à l'arrière le plus grand volume d'eau à la plus faible vitesse.

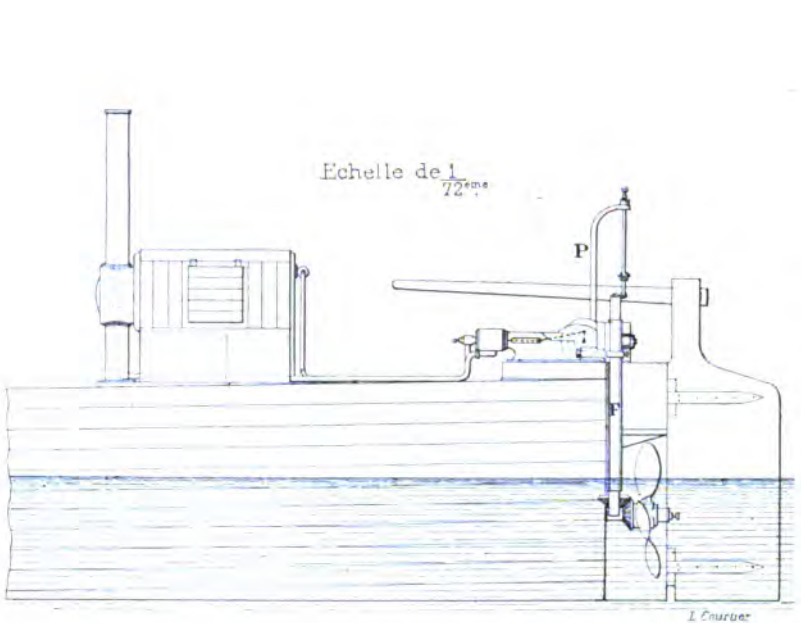
Après de nombreuses expériences qui ont pris deux ou trois ans, exécutées sur un bateau de 60 *t*, on a adopté la disposition qui va être décrite et qu'on a trouvé à répondre à toutes les conditions spécifiées ci-dessus.

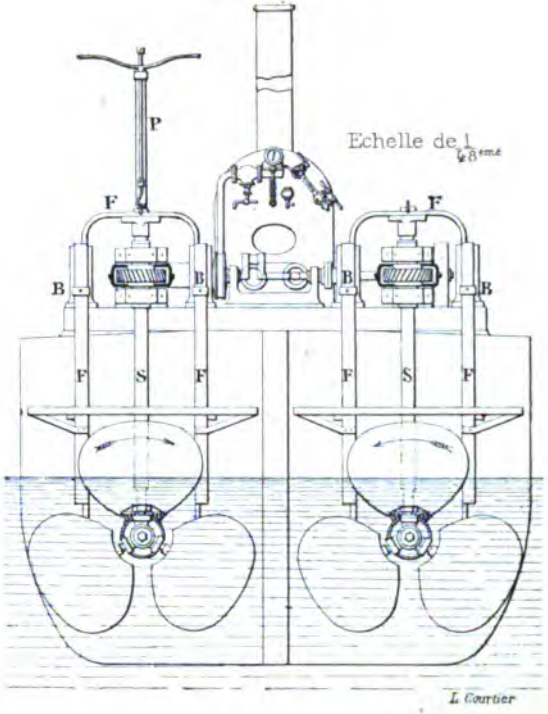
Le bateau qui porte le nom de *Newry* a 18,90 *m* de longueur, 3,51 *m* de largeur et 1,68 *m* de tirant d'eau avec 65 *t* de chargement utile, le moteur étant installé à bord. Celui-ci, qui pèse en tout environ 3 000 *kg*, se compose d'une chaudière type locomotive de 8,10 m^2 de surface de chauffe pesant 1 150 *kg*, d'une machine horizontale à deux cylindres de 0,115 *m* de diamètre et 0,202 *m* de course, placée sur le pont tout à l'arrière comme on le voit sur les figures ci-jointes. Les axes des cylindres sont dans le sens de la longueur du bateau et, par conséquent, l'arbre est en travers ; aux deux extrémités de cet arbre sont des roues dentées héliçoïdales qui engrènent avec des roues de même forme placées sur des arbres verticaux S portés par des châssis F fixés à la partie postérieure de la coque ; au bas de ces châssis sont les hélices commandées par les arbres verticaux dont il vient d'être question au moyen de roues d'angle. Ce mode de transmission permet de monter ou de descendre les hélices en montant ou descendant l'arbre vertical S auquel chacune est attachée, le long du châssis F ; ce mouvement s'effectue sans que les roues dentées du haut se déplacent, d'une manière analogue à ce qui se pratique dans un grand nombre de machines-outils. Les figures font suffisamment comprendre cette disposition mécanique.

Les hélices sont à trois branches, elles sont à pas contraires, leur diamètre est de 1,47 *m*, chaque branche a 0,37 m^2 de surface, ce qui fait 2,22 m^2 pour l'ensemble des propulseurs. Les ailes sont en tôle d'acier rivées sur des bras en fer vissés dans le moyeu. Le pas est de 1,60 *m* environ et, à vitesse normale, les hélices font 100 tours par minute. L'auteur ne donne pas ces dimensions comme les meilleures possibles, mais ce sont celles auxquelles il est arrivé après de nombreux tâtonnements et qui ont donné le résultat le plus favorable.

Le moyeu de l'hélice est venu de fonte avec la roue d'angle, il est très long et tourne autour d'un axe horizontal de 55 *mm* de diamètre, qui porte à son extrémité avant la crapaudine où repose le bout de l'arbre vertical. La poussée de l'hélice est reçue par un élargissement de cet axe formant collet sur un diamètre de 110 *mm*, ce qui donne une surface de buttée de 0,77 m^2 ; sur chaque face du collet est une rondelle annulaire en cuir de 5 *mm* d'épaisseur et ces rondelles sont baignées dans de l'huile ; c'est une disposition analogue à celle des essieux dits *à patente*.

L'équipage du bateau se compose d'un homme et d'un gamin qui


Echelle de $\frac{1}{72^{ème}}$
P
F
L Courtier


Echelle de $\frac{1}{48^{ème}}$
P
F
B
F
S
F
L Courtier

n'ont aucune difficulté à effectuer la manœuvre du bateau et du moteur dans toutes les conditions ordinaires de la navigation.

Le bateau que nous venons de prendre comme type pour la description de l'appareil de propulsion n'est pas le premier établi dans ce système; un autre, l'*Ulster*, a été mis en service il y a un an; son parcours a déjà atteint près de 5 000 *km* sur les canaux du nord de l'Irlande. Sur le canal de l'Ulster, il a franchi une partie de 130 *km* entre Clowes et Newry dont la section mouillée n'est que le double de la section transversale du bateau; c'est une des navigations les plus difficiles qu'on puisse rencontrer, d'autant plus qu'il y a par endroits beaucoup d'herbes. Ces bateaux peuvent également servir de remorqueurs; ainsi l'*Ulster* a remorqué sur 80 *km* de distance une allège chargée de charbon; le chargement collectif des deux bateaux était de 107 *t*. Dans ce voyage, un trajet en rivière de 22 *km* a été fait en 4 heures et demie, soit une vitesse de 5 *km* à l'heure, les hélices ont fait environ 14 580 tours chacune alors que le nombre de tours de ce parcours serait de 13 000, ce qui constitue un recul de 11 0/0 seulement. La consommation totale de charbon a été de 125 *kg*. Les rondelles de cuir de la buttée ont été examinées pour la première fois après un parcours de 3 800 *km*; on n'y a relevé aucune trace d'usure et on a remis le bateau en service sans aucun changement ni réparation. Il est probable qu'une des causes qui tend à réduire l'usure sur cette buttée est que la poussée est partiellement transmise à la crapaudine de l'arbre vertical par les engrenages hélicoïdaux.

Les hélices ne sont jamais entièrement immergées et elles peuvent être montées ou baissées avec la plus grande facilité. Lorsqu'elles sont plus immergées, la résistance est plus grande et le nombre de tours diminue, dans le cas contraire, le nombre de tours augmente et le recul avec lui. Les mariniers arrivent vite à reconnaître l'immersion qui donne les meilleurs résultats; pour un bateau chargé à un tirant d'eau de 1,65 *m*, la partie inférieure des ailes des hélices doit être immergée de 0,97 *m* à 1,05 *m* au-dessous de la flottaison.

Le relevage des hélices se fait au moyen d'une potence portative P avec une vis verticale qu'on tourne à la main. On peut employer d'autres moyens, mais celui-là a été trouvé le plus simple et le moins encombrant.

Une particularité à noter est que ces propulseurs partiellement immergés n'ont que peu ou point d'influence sur l'obéissance du bateau au gouvernail. Ainsi, si on les fait tourner en sens inverse l'un de l'autre, c'est-à-dire l'un en avant et l'autre en arrière, le bateau s'arrête, mais ne tend pas à tourner. Pour la marche en avant, les hélices tournent avec la partie supérieure des ailes allant l'une vers l'autre. On a essayé divers nombres d'ailes, deux, trois et quatre; tous donnent de bons résultats, mais avec deux on a trop de vibrations; celles-ci cessent absolument avec quatre ailes, mais le rendement diminue un peu, ce qui tient probablement à un entraînement circulaire de la masse d'eau qui entoure l'hélice.

L'appareil est combiné de manière à être, en réalité, portatif et transportable d'un bateau sur un autre. Le seul changement qu'il y ait à faire à la coque, pour installer les propulseurs, est de rapporter un faux

étambot pour amener le gouvernail un peu plus en arrière. Il faut, en effet, avoir un espace de 0,40 *m* à, 50 *m* entre l'arrière de la coque et le gouvernail lorsque celui-ci est à 90° de l'axe du bateau. Cet allongement n'empêche pas la plupart des bateaux de passer dans les écluses des canaux.

Voici enfin quelques renseignements sur le rendement économique obtenu avec ces dispositions. Au mois d'avril dernier, la Grand Canal C°, de Dublin, installa un appareil de ce genre sur son bateau n° 34. Le premier voyage fut effectué entre Dublin et l'embouchure du Shannon et retour, avec le bateau n° 35 en remorque. La distance totale parcourue est de 255 *km* et il y a 78 écluses. Le second voyage a été fait sur le même parcours, la durée a été de six jours pendant lesquels il a été consommé 3 045 *kg* de charbon à 18 *f* la tonne, c'est donc une dépense de 0,21 *f* environ par kilomètre pour le combustible. Or, sur le Grand Canal, en marchant nuit et jour avec le halage, on met cinq jours pour faire le même trajet et la dépense pour les hommes et les chevaux s'élève à environ 0,60 *f* par kilomètre, soit près du triple du chiffre obtenu plus haut. Ainsi, la barque à vapeur, ne marchant que le jour, n'a mis qu'un jour de plus que le bateau halé par les chevaux nuit et jour, et il faut dire que la première a perdu sur ce temps près de 19 heures aux écluses pour attendre le passage du bateau qu'elle remorquait.

L'installation que nous avons décrite s'applique admirablement à la substitution d'un moteur à pétrole à la machine à vapeur : substitution qui peut présenter des avantages dans certaines circonstances. Enfin, on peut concevoir qu'on pourrait installer un moteur à pétrole dans un endroit quelconque du navire et actionner les propulseurs par des dynamos placées sur les arbres verticaux et actionnées par des génératrices commandées par le moteur. Cet arrangement permettrait de varier les vitesses de rotation des hélices et le sens de leur mouvement sans aucune difficulté.

Dans la discussion qui a suivi la communication de M. Barcroft, l'auteur a apporté quelques compléments d'information sur de nouvelles installations de ce genre dans lesquelles les deux hélices sont mues par des moteurs indépendants, avec un seul cylindre par propulseur.

On a paru généralement émettre des doutes sur l'utilité de rendre variable l'immersion des hélices. Le rendement est d'autant meilleur que l'immersion est plus grande et, le diamètre du propulseur étant notablement inférieur au tirant d'eau du bateau, on ne voit guère pourquoi on n'immergerait pas constamment l'hélice à la profondeur correspondant au tirant d'eau maximum. On objecte à l'immersion partielle de ces propulseurs qu'il entrainent avec eux, dans leur rotation, de l'air qui diminue la densité du fluide dans lequel tourne l'hélice et, par suite, la résistance éprouvée par celle-ci.

L'auteur a répondu, avec quelque apparence de raison, que l'entrainement de l'air n'a pas lieu d'une manière sensible avec les faibles vitesses de rotation employées dans l'espèce (100 tours au plus par minute) et qu'il y a, sur les canaux, un très grand intérêt à ne pas trop immerger les propulseurs, à cause des herbes du fond qui, refoulées par le passage de la coque, se redressent après et peuvent s'enrouler

sur les axes des hélices. Les conditions de la navigation sur les canaux sont, en effet, très différentes de celles de la navigation maritime, et les règles les mieux établies pour la dernière peuvent n'avoir qu'une valeur très relative pour l'autre.

Il nous paraît utile d'ajouter qu'une disposition presque identique a été essayée en France il y a déjà longtemps (vers 1860); il s'agissait alors d'une seule hélice actionnée par un arbre vertical et des roues d'angle; une vis verticale servait à régler la position de l'hélice par rapport à l'arbre vertical et, par conséquent, l'immersion du propulseur. Cet arrangement, dit système Lacroix, avait été appliqué à un certain nombre de bateaux appartenant à une même compagnie, la Compagnie générale de navigation à vapeur sur les canaux, et, malgré les résultats favorables annoncés à l'époque, ce système a assez promptement disparu.

On trouvera du reste des détails sur cette question de propulsion des bateaux dans le procès-verbal d'une des séances de notre Société. (Voir 1885, V. II, page 197.)

Tirage par aspiration. — Dans un article sur le tirage par aspiration, inséré dans la chronique d'août dernier, page 224, nous indiquions que la plus ancienne application de ce système était probablement celle qui avait été faite aux bains Vigier, à Paris, et que Peclet citait dans son cours de physique industrielle à l'École Centrale. C'est à une époque très peu différente qu'a été faite, sur ce même mode de chauffage, une expérience intéressante rapportée dans un appendice de l'ouvrage de Wood sur les chemins de fer et, selon toute apparence, très peu connue.

Cette note est un rapport des Ingénieurs A. Nimmo et C.-B. Vignoles (ce dernier, connu surtout par le rail qui porte son nom) sur une installation faite aux ateliers Laird, à Birkenhead, d'après le système de Braithwaite et Ericsson, rapport daté du 29 mai 1830.

Dans cette installation, un ventilateur était placé dans une chambre située à l'extrémité d'une chaudière et communiquait avec les carneaux de celle-ci pour aspirer les produits de la combustion, lesquels étaient évacués dans l'atmosphère par une courte cheminée placée au-dessus du ventilateur.

Le foyer était à l'extrémité opposée de la chaudière, les produits de la combustion circulaient sous celle-ci et dans des carneaux qui la traversaient pour aboutir à la chambre d'aspiration du ventilateur.

La grille avait 0,75 *m* sur 0,75 *m*; la longueur totale des carneaux était de 13,5 *m*; la surface de chauffe de 23.2 *m*; la capacité en eau de la chaudière de 2 500 *l*, en vapeur de 1 800 *l*, la surface de niveau d'eau de 3,2 *m*, ce qui donne un rapport de 1 à 7,66 *m* avec la surface de chauffe.

La chaudière était munie d'une soupape de sûreté de 0,122 m^2 de section, chargée par un poids placé en dessous, c'est-à-dire dans la chaudière, de manière à produire une pression équivalente à 4 livres par pouce carré, soit 0,28 *kg* par centimètre carré, en plus de la pression atmosphérique.

Le ventilateur avait les ailes dirigées dans le sens du rayon; son diamètre extérieur était de 0,915 *m* et sa largeur de 0,25 *m*; il était actionné par poulie et courroie, par la transmission des ateliers Laird et la vitesse à la périphérie était de 23,50 *m* par seconde. On n'a pas cherché à déterminer le travail absorbé par ce ventilateur, mais les Ingénieurs chargés de l'expérience l'ont évalué approximativement à 2 *ch*.

On s'est servi pendant l'essai de coke de gaz très médiocre dont le poids spécifique était de 48 *kg* à l'hectolitre. Le coke de Sainte-Hélène, employé sur les bateaux à vapeur, pese 75 *kg* à l'hectolitre. Le coke employé coûtait environ 11 *f* la tonne, pris à Liverpool, alors que le bon coke pour la forge coûtait 30 *f*.

La chaudière était sous un hangar ouvert de tous côtés ; le temps était froid et il pleuvait. Le générateur était alimenté par de l'eau salée provenant de l'étang de Wallasey et contenue dans un réservoir en tôle, d'où une pompe l'introduisait dans la chaudière.

Une fois le feu allumé, la pression fut obtenue en 45 minutes avec une consommation de 125 *kg* de coke. A partir de ce moment, — il était 3 h. 32 m., — on alimenta la chaudière avec une pompe et on continua à chauffer jusqu'à 4 h. 32 m,, soit pendant une heure; la quantité d'eau vaporisée fut trouvée de 1 162 *l* et la quantité de coke brûlé (non compris celle qui avait servi à obtenir la pression) de 113 *kg*. On avait eu soin de ramener à la fin de l'expérience le niveau de l'eau dans le tube de verre à la même hauteur qu'au commencement. La production de vapeur a donc été de 10,3 *kg* par kilogramme de combustible.

Les expérimentateurs ajoutent que, comme on admet généralement que le travail d'un cheval-vapeur par heure correspond à une dépense d'eau d'alimentation de 1 pied cube, soit 28 *l*, la vaporisation constatée représente un travail de 41 1/2 *ch*. Ce travail serait obtenu avec une dépense de 113 *kg* de combustible à 11 *f* la tonne, soit 1 *f*, ce qui met la dépense par cheval et par heure au prix très bas de 0,02 1/2 *f*.

Le rapport ajoute que, pendant l'essai, la température était assez basse à la sortie des carneaux pour qu'on pût tenir la main sur la courte cheminée par laquelle les gaz sortaient dans l'atmosphère; cette température ne dépassait pas 70° C.; il n'y avait d'ailleurs aucune trace de fumée.

On avait trouvé qu'aux bains Vigier un homme, faisant tourner un ventilateur aspirant la fumée, suffisait à faire brûler par heure 85 *kg* de bois équivalent à 42 *kg* de houille. C'était à peu près 1/6 de cheval ou l'équivalent de 1/2 *kg* de charbon, soit 1 *kg* pour 84 *kg*. Dans l'essai de Birkenhead, ce serait, d'après l'appréciation très large des experts. 2 *ch* soit 6 *kg* pour 113 *kg* de combustible brûlé à l'heure, chiffre beaucoup moins favorable. Mais on peut supposer que le travail de 2 *ch* est très exagéré, ou que le ventilateur avait un rendement bien faible. Avec la proportion trouvée aux bains Vigier, ce serait 1/2 *ch* seulement, c'est-à-dire le quart; et 1 1/2 *kg* de combustible pour 113 soit 1,3 0/0. Nous avons indiqué précédemment (Chronique d'août 1895) qu'en Amérique on avait trouvé 1/2 0/0, avec des appareils très perfectionnés, il est vrai.

Il peut être utile de rappeler ici que les auteurs de la disposition qui

fait l'objet de cet article, Braithwaite et Ericsson, avaient également employé le tirage mécanique sur la locomotive *Novelty* qu'ils avaient présentée au concours de Rainhill en 1829; mais sur cette machine le tirage était produit par l'insufflation sous la grille d'air lancé par une soufflerie.

L'Exposition nationale industrielle du Japon. — Les préoccupations de la guerre avec la Chine n'ont pas empêché les Japonais d'avoir cette année une exposition industrielle à Kioto.

En 1877, il fut décrété par ordonnance impériale que, pour amener le développement de l'agriculture, des arts et du commerce, des expositions nationales auraient lieu dans diverses parties de l'empire.

L'exposition de cette année, qui s'est ouverte le 1er avril, est la quatrième, les autres ayant eu lieu à Tokio en 1877, 1881 et 1890. Pour cette exposition Tokio et Oraka étaient en concurrence avec Kioto, mais celle-ci obtint la préférence en faisant observer que cette exposition coïnciderait avec le 1 100me anniversaire de la fondation de la ville par l'empereur Kmammu.

Il est nécessaire de dire d'abord quelques mots de cette ville de Kioto. On l'appelle aussi quelquefois Saikio qui veut dire capitale de l'ouest tandis que Kioto signifie simplement capitale ou *meaco* comme on le voit indiqué sur les cartes anciennes. Le nom de Saikio est venu en usage depuis la révolution de 1868, lorsque Yedo prit le nom de Tokio qui signifie capitale de l'est. Dans les anciens temps, Kioto était connu sous le nom de Heianjo, qui veut dire la ville de la paix.

La ville dont nous nous occupons est située sous 35° 1′ 7″ de latitude nord et 135° 46′ 7″ de longitude ouest; elle est à 50 *m* environ au-dessus du niveau de la mer et à peu près au centre de la province de Samashiro.

La rivière Kamo traverse la partie est de la ville. La jonction de cette rivière avec celle qui porte le nom de Katsura a lieu dans le village de Tobo, qui est le faubourg méridional de Kioto. La Kamo a, dans la traversée de la ville 100 *m* environ de largeur, elle est sujette aux débordements par les grosses pluies.

La ville a 47 kilomètres carrés de superficie; quant à la population elle a beaucoup varié. On admet qu'actuellement elle n'est guère que la moitié de ce qu'elle était au moyen-âge, au temps de la prospérité de la vieille capitale. Il y a maintenant 66 000 maisons et 265 000 habitants. Neuf larges rues vont de l'est à l'ouest et sont numérotées à la mode américaine, première avenue, seconde avenue, etc. Les plus larges de ces rues ont 50 *m* de largeur, les autres n'ont que la moitié. La ville est découpée par des rues à angle droit, chaque ilot ayant 120 *m* de côté.

Il y a un grand nombre de ponts dont les plus importants sont ceux qui franchissent la rivière Kamo.

L'emplacement de l'exposition est dans la partie nord-est de la ville près du plan incliné du canal du lac de Biwa, ce qui contribue très favorablement à l'aspect général. Cet emplacement occupe une superficie de 167 000 m^2 sur laquelle sont élevées les constructions ci-après :

Bâtiment de l'industrie couvrant.		14 000 m^2
Hall des machines	—	2 900
Agriculture et art forestier	—	4 800
Constructions navales	—	1 900
Aquarium	—	120
Beaux-Arts	—	1 400
Animaux vivants	—	2 000
Hall des cérémonies	—	1 200
	TOTAL. . . .	28 300 m^2

En outre de ces constructions principales il y en a d'autres accessoires pour bureaux, postes et télégraphe, etc., qui occupent encore environ 6 000 m^2.

L'exposition a, comme nous l'avons dit, été ouverte le 1er avril dernier; les objets exposés étaient au nombre de 170 000, soit 3 100 de plus que dans la troisième exposition nationale. Parmi ces objets figuraient surtout des étoffes de soie et de coton, des porcelaines, des objets laqués, des ouvrages d'or et d'argent, des éventails, du thé, de l'encens, de l'ivoire, des bois sculptés, des peintures, photographies, etc., des meubles, des machines, des produits des mines, de la métallurgie, de l'agriculture, des constructions navales. etc.

Le 11 juillet a eu lieu la distribution des récompenses. Il a été donné cinq médailles d'honneur en or qui sont échues à un fabricant de tissus de soie, à une houillère, à une usine à cuivre, à une exploitation agricole et à un producteur de thé; il a été en outre décerné 17 médailles d'argent, 5 164 médailles inférieures et 12 548 mentions honorables. Il y a eu 1 169 récompenses de plus qu'à la précédente exposition.

Une des constructions les plus remarquables, sinon de l'Exposition même, du moins dans le voisinage immédiat, est le monument commémoratif de la fondation de Kioto qui a eu lieu en l'an 795, c'est-à-dire il y a onze cents ans. Ce monument, inauguré en même temps que l'Exposition a été ouverte, n'est séparé de celle-ci que par une large rue. Il est précédé d'une porte ou sorte d'arc-de-triomphe de 18 *m* de largeur et 20 *m* de hauteur, et est placé à l'entrée d'une plate-forme de 120 *m* sur 45 *m* élevée à 0,70 *m* au-dessus du sol et à laquelle on accède par des marches de 17 *m* de largeur.

Le monument proprement dit a 55 *m* sur 12 *m* et 16 *m* de hauteur; il est à deux étages avec double toiture dans le style général du pays, mais avec des formes de détail qu'on ne trouve que dans les constructions destinées au service impérial. Cette construction, qui a un caractère nettement japonais, tranche avec les édifices du style européen qui constituent les bâtiments de l'Exposition.

L'*American Engineer*, auquel nous empruntons les renseignements qui précèdent, entre dans de grands détails sur ces constructions et sur divers ouvrages remarquables de la ville de Tokio ou de son voisinage, entre autres sur le célèbre plan incliné du canal de Biwa qui a été déjà souvent décrit. On sait que ce plan incliné fait franchir une différence de niveau de 34 *m* à des bateaux de 15 *m* de longueur sur 2,10 *m* placés sur des chariots halés par des treuils mus par l'électricité.

La station centrale est située au pied du plan incliné; l'eau motrice y arrive par trois conduites de 0,915 *m* de diamètre, à raison de 6 720 *l* par seconde avec une charge de 36 *m*, ce qui donne une force théorique de 3 200 *ch* en nombre rond. On pourra, quand l'installation sera complète, avoir 20 roues Pelton de 120 *ch* chacune; actuellement il n'y en a que dix. Ces roues actionnent des dynamos qui fournissent le courant, non seulement pour la manœuvre du plan incliné, mais pour des usines, filatures, tissages, fabriques d'eaux gazeuses, moulins à riz, etc., situées dans un rayon de 3 *km* autour de la station. En outre, cette station alimente le chemin de fer électrique de Kioto et fournit la nuit l'éclairage électrique de la ville. La force est fournie au prix de 100 à 300 *f* par cheval et par an pour 12 heures par jour, selon la force; pour 18 heures par jour, il y a une augmentation de 30 0/0 et pour 24 de 50 0/0.

On trouve aussi, dans le même article, des détails intéressants sur le canal qui réunit le lac de Biwa, le plus grand du Japon, superficie 1 300 km^2, à la rivière Uji; c'est sur ce canal que se trouve le plan incliné dont il vient d'être question. Outre cet ouvrage, on y trouve d'autres travaux importants, tels que cinq tunnels, dont un de 2 400 *m*, un pont aqueduc de 14 arches, etc. Le canal avait pour objet de rendre à la ville de Kioto une partie de son ancienne prospérité; il a été commencé en 1885 et terminé en 1891; sa longueur est de 12 000 *m* et la dépense, y compris celle d'un canal d'embranchement qui sert aux irrigations, s'est élevée à environ 5 millions de francs. Il appartient à la ville de Kioto et a été construit à ses frais.

Le port de vitesse de Heyst. — Les *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand* ont donné un extrait du rapport sur le groupe du génie civil à l'Exposition universelle d'Anvers en 1894 par M. E. Braun, Ingénieur en chef de la ville de Gand, où on trouve de très intéressants détails sur les grands travaux maritimes exécutés ou projetés en Belgique. Ce rapport signale parmi les objets exposés la maquette au millième du nouveau port projeté à Heyst, du canal destiné à le relier à Bruges et des installations maritimes proposées pour cette dernière ville et donne, au sujet de ce projet, les explications suivantes :

Dès 1876, M. de Maere-Limnander publia une brochure préconisant un projet de relier Bruges à la mer par un grand canal maritime et de créer, près de Heyst, l'accès du port. L'entrée de ce port était conçue d'après le type à enceinte fermée d'Imuiden.

Le gouvernement fit examiner ce projet par une commission et les travaux de celle-ci se prolongèrent pendant quatre années. Cette commission repoussa le projet de Maere à raison des envasements considérables qui, d'après elle, auraient envahi l'enceinte fermée de l'avant-port et qui ont été considérés comme un obstacle absolu à son exécution.

La ville de Bruges en appela de cette opinion à une autre commission composée d'Ingénieurs de différents pays.

Le travail de celle-ci aboutit à des conclusions moins défavorables et

la crainte des envasements prévus ne parut pas, à plusieurs de ses membres, devoir faire obstacle à l'exécution du plan de Maere.

Plus tard, les idées se modifièrent et le problème à résoudre ne consiste plus à faire à Heyst une entrée pour le canal maritime vers Bruges, mais, au contraire, à y créer, dans les conditions requises pour la navigation rapide, des installations d'escale.

Dans un exposé brillant intitulé le *Port de vitesse de Heyst*, MM. les Ingénieurs J. Nyssens-Hoet et J. Zone ont fait l'historique complet de la question et ont montré comment ces idées nouvelles se firent jour et finirent par être admises par tous les intéressés.

Pour arrêter le programme de la création du port d'escale belge, le gouvernement nomma une commission mixte dont la mission a été définie comme suit :

1° Élaboration d'un programme devant servir de base à un appel à la concurrence;

2° Examen des soumissions;

3° Propositions de répartition des charges entre les trois pouvoirs : État, Province et Ville de Bruges.

Voici quel fut le programme du concours public ouvert en vue de la concession, par voie de péages et pour une durée de 75 ans, des travaux qui comportent l'établissement d'un port de mer à Bruges par Heyst, son entretien et son exploitation.

« I. Un port à Bruges, situé à proximité du bassin actuel et immédiatement au delà du canal de Bruges à Ostende. Ce port sera susceptible, dès le principe, d'une capacité minima de trafic maritime total de un million de tonnes de poids par année. Il comportera les longueurs de quais, les surfaces de terre-plein, de hangars, d'entrepôts, les voies ferrées, les voies charretières, les appareils de chargement et de déchargement, en un mot, l'outillage complet, cales sèches comprises, pour desservir un pareil trafic.

» Les installations doivent être susceptibles d'extension à mesure des besoins. Les plans à fournir devont indiquer les extensions et les terrains qu'elles exigeront devront être acquis dès le début de l'entreprise.

» II. Un canal maritime de 8 *m* de mouillage au minimum, aussi direct que possible, alimenté par l'eau de mer, reliant Bruges à l'avant-port de Heyst et satisfaisant à toutes les conditions requises pour la grande et rapide navigation. La flottaison sera établie à la cote + 3,50 *m* du zéro d'Ostende.

» III. L'établissement d'un avant-port à Heyst, permettant en tout état de marée la flottaison des navires calant 8 *m*. Cet avant-port comportera, dès le principe, en accostage direct un développement de quais de 1 000 *m* avec les surfaces et l'outillage nécessaires pour desservir le trafic des steamers et des escales. »

Parmi les projets présentés, la Commission choisit le dispositif présenté par nos collègues MM. Coiseau et Cousin. Le Gouvernement demanda à la Province, à la Ville et aux concessionnaires d'assurer dans la dépense, qui est estimée à 38 millions environ, la charge du canal

maritime et des installations de Bruges, qui atteint un chiffre de près de 12 1/2 millions de francs, le Gouvernement acceptant à sa charge les frais de création du port d'escale, qui se rapprochent de 26 millions de francs.

Le projet de MM. Coiseau et Cousin se compose d'une jetée courbe se détachant de la côte, entre Heyst et Blankenberghe, à 2 000 *m* environ à l'ouest des écluses d'évacuation du canal de Schipdonck et s'infléchissant vers l'est suivant un tracé dont l'extrémité ramène la jetée parallèle à la côte, à une distance de 850 *m* à partir de la laisse de basse mer.

Cette jetée n'est pas pleine sur tout son développement; sur une longueur de 240 *m* environ à partir de la laisse de basse mer, elle présente une partie à claire-voie permettant la circulation des courants de marée.

Contre cette jetée, et sur 1 000 *m* de développement intérieur, s'appuie un terre-plein limité vers la rade par un mur de quai accostable, au pied duquel règnent les profondeurs de 8 *m* à marée basse de vive eau. A 850 *m* environ du pied de la jetée débouche vers l'est le chenal d'accès qui aboutit à une écluse maritime de 20 *m* de largeur, située à 700 *m* à l'intérieur des terres. Cette écluse donne communication avec un arrière-port où sont situés des appontements accostables, destinés à suppléer, dans certains cas, les accostages en rade.

Le canal maritime vers Bruges prend son origine à l'amont de l'arrière-port. Le môle est couvert de hangars et cinq voies ferrées, deux à l'intérieur, trois à l'extérieur, permettront de faire le trafic des marchandises et des voyageurs débarqués à Heyst. Les appontements de l'arrière-port sont munis d'une voie semblable.

Le môle ou jetée sera formé de tronçons dont chacun repose sur le sol par un massif de fondation d'un poids de 3 000 *t* enfermé dans un caisson. Ce caisson sera surmonté d'une maçonnerie en bloc de 50 *t* dont le plan supérieur sera arasé à la cote + 7, qui est celle du terre-plein des hangars.

La jetée sera couronnée par un parapet monolithe de 6 *m* de hauteur dont la crête se trouve aussi à 8,50 *m* au-dessus du niveau des marées hautes de vives eaux.

Le musoir du môle portera les signaux et les feux et limitera vers le large un brise-lame aménagé pour l'épanouissement de la houle en retour qui, en gros temps, peut contourner le môle.

Cette jetée embrassera ainsi une rade d'une étendue de 110 *h* environ, protégée contre les vents dominants du S. ou N.-O. et les vents des tempêtes qui soufflent entre le S.-O. et le N.-O.

Tout dans ce projet semble conçu pour assurer des opérations accélérées, et quelques heures suffiront pour opérer une escale sur la côte belge. Le Gouvernement a consulté d'éminents spécialistes étrangers pour avoir, au point de vue technique, tous ses apaisements. Ce sont, MM. Coode Son et Matthens, Ingénieurs conseils techniques du Gouvernement des colonies anglaises; Chapman, surintendant de la Royal Mail Company, à Southampton; C. Harson, chef de service maritime des Chargeurs réunis, au Havre. Or, ces spécialistes ont déclaré que le port répondait à toutes les conditions d'accessibilité et de sécurité des grands navires, et leur conclusion très formelle mérite d'être citée :

« Dans tous les cas, pour nous résumer, nous affirmons que le port projeté sera certainement le meilleur port que nous connaissions sur la côte française, belge et hollandaise depuis Cherbourg. »

Un essai de pompes à incendie. — On paraissait généralement douter, aux États-Unis, que les pompes à incendie pussent être d'un grand secours pour les édifices de seize à vingt étages, qu'on rencontre dans certaines grandes villes. La question a été élucidée par un essai fait le 28 novembre dernier, à Chicago, et dont les journaux américains rendent compte.

On a opéré sur le célèbre temple maçonnique, dont la toiture est à la hauteur de 96,40 *m* au-dessus du sol de la rue.

On installa contre la façade de cet édifice un tuyau vertical de 75 *mm* de diamètre relié à la pompe à incendie, placée à 45 *m* par une double ligne de boyaux de 62 *mm*. A la partie supérieure du tuyau vertical fut fixé un boyau de 62 *mm* de diamètre et de 15 *m* de longueur terminé par une lance, dont l'orifice avait 31 *mm* de diamètre. La longueur totale du tuyautage de la pompe à l'extrémité de la lance était de 159,50 *m*. Un manomètre était installé sur la conduite, près de la pompe, et un autre à l'extrémité, du côté de la lance, soit sur la toiture. Voici les pressions observées simultanément sur les deux manomètres :

Une pression	en bas	de 7,08 *kg*,	correspond	en haut,	à 0, *kg*.
—	—	10,62	—	—	0,35
—	—	12,40	—	—	0,85
—	—	14,16	—	—	1,27
—	—	15,90	—	—	1,45
—	—	17,00	—	—	3,60

La pompe à vapeur était une machine de l'American Fire Cy, à Cincinnati, du système Ahren; cette machine pesant 4 250 *kg*, avait deux cylindres à vapeur de 0,188 *m* et deux plongeurs de 0,120 *m* de diamètre, course commune 0,202 *m*, et une chaudière de 19,63 m^2 de surface de chauffe et 0,58 *m* de surface de grille.

On fait observer que la conduite verticale avait à sa base une fissure donnant lieu à une fuite assez abondante, de sorte que les résultats obtenus auraient pu être encore plus favorables. Quoi qu'il en soit, il paraît démontré qu'une pompe à vapeur donnant une pression de 14 à 15 *kg* par centimètre carré (200 livres par pouce carré) peut fournir un jet d'eau efficace à la partie supérieure de l'édifice le plus élevé qu'on connaisse. Cette constatation présente un certain intérêt aux États-Unis d'autant plus qu'elle répond, comme nous l'avons dit, à une objection assez généralement accréditée au sujet de l'efficacité des pompes à incendie.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1895

Rapport de M. Imbs sur la **carde à chapeaux chaînés**, de M. G. Fauquet.

Il s'agit d'un perfectionnement aux cardes à chapeaux chainés, c'est-à-dire articulés en chaines sans fin qui a pour but d'en faciliter le réglage par une disposition ingénieuse, d'un caractère simple et pratique. Il nous suffira de dire que le principe consiste à relier facultativement, par un dispositif simple et peu encombrant, les vis de réglage des arcs qui composent la glissière complète. Au montage, les vis servent, à titre indépendant, à régler à volonté une première position des chapeaux, pour les corrections ultérieures à apporter par suite des usures d'aiguisage du tambour ou des chapeaux on agit, par le mécanisme d'accouplement, sur la totalité des vis de réglage. De grandes maisons de construction ont déjà adopté ce système.

Les transmissions électriques dans les ateliers, par M. Hillairet. (Conférence faite à la Société d'Encouragement le 26 avril 1895.)

L'auteur fait ressortir les avantages des transmissions électriques au point de vue du rendement, de la simplicité et de la facilité de surveillance. L'expérience a prouvé que les organes en étaient bien moins délicats que l'on ne croyait. Ces diverses qualités ont amené leur développement rapide.

On passe successivement en revue l'application de ces transmissions à la mise en mouvement des perceuses, des tours, pompes centrifuges, essoreuses, etc. Puis il est donné une description sommaire de la belle installation de transport et de pose des gros blocs artificiels de l'entreprise de nos collègues MM. Coiseau, Couvreux et Allard, à Bilbao. Une partie importante est consacrée à l'examen des appareils de contrôle et de mesure de puissance, voltmètre, ampèremètre et wattmètre auxquels on a adapté des enregistreurs pour avoir avec la plus grande facilité le travail produit par les moteurs ou absorbé par les outils. L'auteur termine par une comparaison entre la fraction du travail absorbé par les transmissions dans les usines dans le système ordinaire et dans le système électrique basée sur un certain nombre de documents. Il insiste sur ce fait que, pour certaines applications, l'économie amenée par l'adoption du dernier système peut atteindre 30 *t* de combustible par semaine.

Sur quelques applications métallurgiques de l'aluminium et du silicium, par M. H. Le Chatelier.

Si l'aluminium est resté sans usage important à l'état métallique, il joue aujourd'hui un rôle considérable en métallurgie, grâce à la propriété qu'il possède d'être un réducteur énergique, comparable au sodium, mais ayant sur lui l'avantage de ne pas se volatiliser aux températures élevées et de ne pas s'altérer au contact de l'air humide. L'aluminium s'est en partie substitué au manganèse dans la fabrication de la fonte et de l'acier fondu; il est employé pour la fusion du nickel et dans la fabrication des laitons.

On a proposé récemment l'emploi de l'aluminium pour la préparation industrielle de certains métaux dont les oxydes sont irréductibles par le charbon ou ne donnent, par réduction avec ce corps, que des carbures, par exemple le manganèse. M. Moissan a également proposé d'utiliser le procédé de réduction des oxydes par l'aluminium pour incorporer à l'acier, au fer, au cuivre, etc., certains métaux difficilement réductibles et fusibles tels que le molybdène, le tungstène, l'uranium, le vanadium, le titane, le silicium, le bore.

Les soudures pour laitons, par M. Schwirkus. (Extrait du *Journal of the Society of Chemical Industry.*)

Cette note donne les résultats de nombreuses expériences exécutées méthodiquement sur différentes soudures aux points de vue de la fusibilité, de la malléabilité, de l'influence de la composition, etc. Ces résultats sont groupés sous forme de tableaux.

Soudure de l'aluminium, d'après J. Richards. (Extrait du *Journal of the Franklin Institute.*)

L'auteur est arrivé, après de nombreux tâtonnements, à proposer un alliage d'aluminium, de zinc, d'étain et de phosphore, ce dernier en proportion extrêmement faible, 0,24 0/0. Cette soudure est actuellement employée en Amérique, en Suisse et en Allemagne, et donne de bons résultats.

Action du silicium sur le fer, le chrome et l'argent, par M. H. Moissan. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

L'action du siliciure sur les métaux peut donner trois résultats différents :

1° Le silicium solide peut, grâce à sa tension de vapeur, s'unir au métal solide et donner, par une action analogue à la cémentation, un véritable siliciure dont le point de fusion est moins élevé que celui du métal;

2° Le silicium liquide peut s'unir au métal fondu au four électrique;

3° Le silicium se dissout dans le métal liquide, ne forme pas de combinaison avec lui ou en produit une très instable, et se dépose à l'état cristallin au moment de la solidification de ce métal.

Sur les siliciures de nickel et de cobalt. — Note de M. Vigouroux *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Cette note donne des renseignements sur la préparation et les propriétés des siliciures de nickel et de cobalt obtenus par les méthodes employées par M. Moissan pour les siliciures de fer, de chrome et d'argent.

Sur la trempe des aciers extra-durs, par M. F. Osmond *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

En essayant de rayer avec une aiguille à coudre la coupe polie d'un acier carburé par cémentation, dont la teneur en carbone varie d'une façon continue d'une extrémité à l'autre et auquel on a fait subir une trempe très énergique, on constate que les stries faites par l'aiguille ne sont pas continues et présentent de fréquentes interruptions. La région n'est donc pas homogène et on peut y constater l'existence de deux constituants : l'un dur, A ; l'autre doux, B ; ce dernier présente une plus forte proportion de carbone et des propriétés magnétiques différentes de l'autre.

Sur la **mise en culture de terres de bruyère** de la Dordogne, par M. Raoul Bouilhac *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Les machines frigorifiques à acide carbonique, d'après E. Hesketh (Mémoire lu à la *British Association)*.

Cette note décrit les machines construites par la maison Hall, de Dartford, employant l'acide carbonique sur le même principe que les autres gaz liquéfiés, seulement avec les modifications rendues nécessaires par les hautes pressions de la liquéfaction de l'acide carbonique.

Expression de la **charge supportée par l'arbre d'une turbine hydraulique en marche.** Théorème relatif à l'effet dynamique de l'eau sur les aubages par M. Bertrand de Fontviolant *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

SEPTEMBRE 1895

Note sur l'**assainissement de la ville de Berlin en 1894,** par M. F. Launay, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Berlin compte aujourd'hui une population de 1 600 000 habitants, double de ce qu'elle était il y a vingt ans et une superficie de 6 310 *ha.* La longueur totale des égouts est de 745 *km.* Le tout à l'égout y a été appliqué d'une manière générale et systématique, avec transport des eaux par refoulement jusqu'aux champs d'irrigation où elles sont épurées par

épandage sur des terrains qui embrassent aujourd'hui une superficie de plus de 9 000 *ha*.

La question de l'assainissement de Berlin a fait le sujet d'un mémoire de MM. A. Durand-Claye et Petsche inséré dans les *Annales des Ponts et Chaussées* d'avril 1886; la présente note a donc seulement pour objet de décrire la situation actuelle et d'exposer ce qui a été fait depuis l'époque précitée.

La quantité d'eaux d'égout refoulées par les usines a été en moyenne, par jour, pour l'année 1893-94, de 174 000 m^3.

Ces travaux ont exercé une influence incontestable sur l'amélioration de l'état sanitaire de Berlin; la mortalité a, de 1873 à 1892, passé de 30 0/0 à 20,2 progressivement et en raison inverse de la proportion d'immeubles reliés à l'égout. Les dépenses d'établissement avaient atteint, à la fin de 1893, le chiffre de 88 millions de marcs, dont 60 millions pour la canalisation; cette dépense ressort à 56,42 marcs par habitant. La dépense faite pour un mètre cube évacué dans l'année est de 1,39 marc. Les dépenses annuelles éclosent à 3 millions de marcs environ, défalcation faite des recettes du service, soit 1,90 marc par habitant et 0,046 par mètre cube.

En somme, l'assainissement de Berlin constitue l'entreprise de ce genre la plus considérable qui existe actuellement. Son succès donne une force nouvelle aux principes sur lesquels elle repose et qui vont être appliqués à l'assainissement de Paris. Telle est du moins la conclusion du mémoire de M. Launay. Il fait, d'ailleurs, ressortir les facilités plus grandes que présente la situation de Paris, surtout à cause de la nature des terrains où se fera l'épandage. De plus, à Berlin, la densité de la population et la nature très plate du sol ont amené des difficultés particulières.

Étanchement des barrages de la Saône au moyen de cendres d'usines, de sable et de gravier, par M. H. Tavernier, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Les barrages de la Saône entre le Doubs et Lyon ont des déversoirs à aiguilles de 84 à 167 *m* de développement. Dans les grandes sécheresses où le débit descend à un taux très bas, l'étanchement des barrages constitue une grande sujétion et une source de sérieuses difficultés pour la tenue normale des biefs. Pendant l'été de 1893, on a généralisé, pour la première fois, l'emploi de cendres d'usines et cet emploi a été si satisfaisant qu'on renonce aux procédés employés précédemment, herbes, planches, toiles, etc. On jette simplement les cendres devant les aiguilles au moyen d'une pelle ou d'une écope. La dépense est très faible. Du reste, on a constaté que le sable et le petit gravier donne à peu près le même résultat; seulement il en faut un peu plus et la durée de l'étanchement est un peu moindre qu'avec les cendres.

ANNALES DES MINES

10e et 11e livraison de 1895.

Méthodes d'analyse des fontes, des fers et des aciers, par M. Ad. Carnot, inspecteur général des mines, membre de l'Institut.

Ce très important mémoire, rédigé à la demande de la Commission des méthodes d'essais des matériaux de construction, a pour objet d'exposer les diverses méthodes en usage pour les essais des fontes, fers et aciers, méthodes qui se rattachent à deux classes distinctes répondant à des buts différents, savoir : les procédés très précis et les procédés très rapides.

L'auteur passe successivement en revue les méthodes employées pour le dosage par voie sèche et par voie humide du carbone, du silicium, du phosphore, du soufre, du manganèse, du chrome, du tungstène, de l'aluminium, etc., il traite également du dosage des laitons et des scories. Les opérations qui constituent les méthodes sont indiquées en détail avec les précautions à prendre, de telle sorte que ce mémoire constitue un véritable manuel d'analyse des fers, fontes et aciers.

Bulletin des **accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur** pendant l'année 1894.

Il s'est produit, en 1894, 38 accidents. Le bulletin donne la classification de ces accidents, d'abord par nature d'établissement, ensuite par espèce d'appareil et enfin d'après les causes présumées résultant de l'étude des dossiers administratifs.

Dans la seconde classification, nous trouvons 18 accidents arrivés à des chaudières chauffées en tout ou partie à l'extérieur, 10 à des chaudières non chauffées à l'extérieur, 1 à des annexes à des chaudières (dans l'espèce un réchauffeur) et 9 à des récipients.

D'après les causes, les accidents se divisent en : 13 dus à des conditions défectueuses d'établissement, 11 à des conditions défectueuses d'entretien, 15 à un mauvais emploi des appareils et 4 à des causes non précisées. Le total 43 indique que, dans plusieurs cas, l'accident à paru dû à plusieurs causes réunies.

Les 38 accidents ont amené la mort de 15 personnes et des blessures à 20 autres. Sur ce chiffre, 7 concernent les chaudières à petits éléments pour lesquels on relève seulement 2 blessés, ce qui semble indiquer que si ces générateurs ne sont pas plus exempts que les autres d'accidents, du moins les conséquences en sont bien moins graves.

Étude sur les **aciers propres à la construction des machines,** conditions de recette de ces aciers, par M. Auscher, Ingénieur de la marine.

L'auteur prend pour point de départ les qualités primordiales à exiger d'un métal propre à entrer dans la construction des machines et qui sont : la résistance, l'indéformabilité et la non fragilité, et examine les

moyens de traduire en chiffres les propriétés qui précèdent pour fixer la valeur pratique du métal, c'est-à-dire les méthodes d'essais. Au courant de cette étude, on trouve décrit une nouvelle méthode d'essai au choc consistant à encastrer la barrette par une de ses extrémités (au lieu de la placer sur des couteaux) et à soumettre l'autre extrémité au choc d'un mouton tombant d'une certaine hauteur. La hauteur minima de chute nécessaire et suffisante pour qu'un seul coup de mouton détermine la rupture de la barrette donne la mesure de la fragilité.

Les éléments caractéristiques de la valeur pratique d'un acier pour pièces de machines sont ainsi : la limite élastique, la résistance au choc et la raideur.

L'établissement d'Indret qui emploie aujourd'hui, d'une manière exclusive, l'acier trempé pour la construction des machines marines, a, par l'usage systématique de ces méthodes d'essai, réalisé de sensibles diminutions d'échantillons, tout en augmentant les garanties de sécurité de ses machines.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Octobre 1895.

District du Centre.

Séance tenue à Montluçon le 9 juin 1895.

Communication de M. Potier sur un **appareil indicateur et appareil enregistreur** du travail des moteurs à vapeur.

Le premier appareil se compose d'un levier relié à la came de réglage du tiroir et communiquant avec une aiguille qui se meut sur un cadran. Si on a une fois pour toutes calculé le travail correspondant à chaque admission, on pourra, par une simple lecture, apprécier le travail fourni par le moteur.

En reliant l'aiguille indicatrice à un traceur agissant sur un papier enroulé sur un tambour mis en rotation par un mouvement d'horlogerie, on aura un enregistrement continu du travail effectué.

Communication de M. Bonnel sur les **variations de la pression atmosphérique d'un point à un autre.**

L'auteur a eu occasion de constater que, bien des fois, on part, pour des expériences, de l'hypothèse d'une pression atmosphérique égale pour divers points assez rapprochés, et qu'on peut ainsi commettre des erreurs très graves. Il a cherché à combiner un appareil pour mettre en évidence ces différences, mais son but est surtout d'appeler l'attention sur cette question et sur l'intérêt qu'elle présente.

Balance hydraulique de Saint-Éloy. — Dans une balance destinée à descendre une masse de 1 200 à 1 500 *kg* à 164 *m* de profon-

deur avec une vitesse de 4 *m* par seconde, on devait se préoccuper des moyens de modérer et régulariser la vitesse de descente. On avait le choix entre un frein à bandes ou un régulateur à ailettes. On a, au lieu de ces appareils, été conduit à employer deux cylindres hydrauliques dans lesquels les pistons déplacent d'un côté à l'autre de l'eau, dont le passage est gêné par un robinet fermant plus ou moins un orifice. Cet appareil donne toute satisfaction (1).

Note des **mines de la Chapelle-sous-Dun.** — Il s'agit d'une boite à graisse perfectionnée, qui, en diminuant notablement la résistance du matériel au roulement, permet d'augmenter le tonnage transporté dans un temps donné.

Truck-transporteur de wagons de voie normale sur ligne à voie étroite.

Il est rendu compte d'expériences faites avec le truck-transporteur de la maison Soret et Cie, de Nouzon, sur la ligne de Valmondois à Marines. Ce truck a été perfectionné au moyen d'un dispositif qui relie les deux chariots et supprime les chocs qui pourraient se produire dans les plaques de garde des wagons transportés.

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 5 octobre.

Nouveau procédé de cémentation des lingots destinés aux plaques de blindage.

Le principe de cette méthode, due à M. Émile Demenge, consiste à carburer directement une des faces du lingot lors de la coulée en garnissant de matières carburantes l'une des parois de la lingotière et à empêcher la carburation de se propager trop profondément en refroidissant énergiquement la paroi opposée de la lingotière.

L'application de cette méthode sur des lingots de 500 à 3 000 *kg* a donné de très bons résultats, et on a constaté par l'analyse chimique que, sur une plaque de 100 *mm* d'épaisseur, la proportion de carbure variait régulièrement et progressivement depuis 1,78 à 1,50 0/0 pour un côté de la plaque, à 0,35 et 0,15 0/0 pour l'autre côté de la plaque. Ce procédé présente une économie considérable par rapport au procédé Harvey.

(1) Le principe de ce frein est dû à Galy-Cazalat qui l'avait proposé pour les véhicules de chemins de fer. Il y a une vingtaine d'années nous en avions étudié, sous la forme décrite dans cet article et avec le concours de la maison Taza-Villain, d'Anzin, l'application à un grand plan incliné de mines en Espagne. On a préféré, comme devant coûter moins, le régulateur à ailettes. A. M.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 45. — *9 novembre 1895.*

L'acétylène et son emploi pour l'éclairage, par A. Polis.

Scies à ruban pour le travail des métaux, par P. Möller.

Aperçu sur la théorie des déversoirs, par A. Ritter.

Groupe du Rhin inférieur. — Préparation, propriétés et emplois de l'acier au nickel.

Bibliographie. — Introduction à l'application des mathématiques aux sciences naturelles, par W. Nernst et A. Schönflien.

Variétés. — Nouveaux progrès dans l'électro-technique.

N° 46. — *16 novembre 1895.*

Progrès dans la technique de l'électro-chimie, par W. Borchers.

Aperçu sur la science de la résistance des matériaux, par A. Zschetzsche.

Nouveautés dans la question des machines-outils pour le travail des moteurs, par H. Fischer.

Chauffage avec le combustible pulvérulent.

Four pour le dézingage des tôles, par le Dr A. Frank.

Groupe de Brunswick. — Système Schwartzkopf, pour le chauffage au combustible pulvérulent.

Association des Chemins de fer. — Construction et exploitation de la gare centrale des voyageurs de Saint-Louis.

Bibliographie. — Manuel des sciences de l'Ingénieur. — Écluses et canaux de navigation, par L. Franzius, H. Garbe et E. Sonne. — Combustion sans fumée dans les chaudières, par G. von Doopp. — Exemples pour l'enseignement du dessin à l'Institut technique de Saint-Pétersbourg.

N° 47. — *23 novembre 1895.*

L'électro-technique, par F. Uppenborn.

Les croiseurs de la marine des États-Unis, *New-York* et *Colombia*, par Fr. Uttemann *(fin)*.

Recherches sur la fonte, par A. Ledebur.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Lampes à arc à courant alternatif.

Groupe de Hanovre. — Moulins à décortiquer le riz. — Ordonnance de police sur la construction et l'emploi des ascenseurs.

N° 48. — *30 novembre 1895.*

Les moteurs à vapeur, à l'Exposition industrielle de Strasbourg, par J.-F. Hay.

L'Electro-technique, par F. Uppenborn *(fin)*.

Nouvelles machines pour l'imprimerie, aux États-Unis d'Amérique, par Wentscher *(suite)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Nouvelles recherches sur les piles à gaz et la production directe du courant électrique par le gaz d'éclairage.

Groupe de Berlin. — Emploi du courant électrique pour la cuisine et le chauffage.

Groupe du Rhin inférieur. — Prévention de la fumée.

Bibliographie. — L'électro-magnétisme, par S.-P. Thompson.

Variétés. — L'Exposition industrielle de Berlin, en 1895.

N° 49. — *7 décembre 1895.*

Nouveaux chemins de fer sur route, par E. Brückmann *(fin)*.

Nouvelles machines pour l'imprimerie aux États-Unis d'Amérique, par E. Wentscher *(fin)*.

Machine à vapeur à grande vitesse avec régulateur dans le volant, système Stein, par R. Stein.

Groupe de Hanovre. — Le planimètre à tige de Prytz. — Turbine à vapeur.

Variétés. — La question de l'éducation des Ingénieurs, par Holzmüller,

Correspondance. — L'acétylène et son emploi pour l'éclairage.

N° 50. — *14 décembre 1895.*

Coup d'œil sur la résistance des matériaux et les questions qui s'y rattachent, par A. Martens.

Coût de la production de la vapeur, par C. Janss.

Calculs d'établissement des régulateurs centrifuges, par M. Tolle *(suite)*.

Nouveautés dans les machines-outils à travailler les métaux, par H. Fischer *(fin)*.

Groupe de Chemnitz. — Nouveautés dans les moteurs à gaz.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Travail de la tôle et des objets fabriqués avec cette matière.

Variétés. — Règles pour les conditions à remplir pour l'acier doux destiné aux constructions en Amérique.

N° 51. — *21 décembre 1895.*

Installations électriques à Hambourg, par M. Rupprecht.

Coût de la production de la vapeur, par C. Janss *(fin)*.

Installation de moteurs à gaz et expériences sur l'alimentation de ces moteurs par le gaz Dowson à la station centrale des tramways de Zurich, par E. Meyer.

Groupe de Hanovre. — Parcours rapides sur les chemins de fer anglais.

Bibliographie. — Les petits chemins de fer, par A. Haarmann. — Electricité et lumière, par O. Lehmann.

Variétés. — Malaxeurs pour la fabrication du béton de ciment.

N° 52. — *28 décembre 1895.*

Installation de moteurs à gaz et expérience sur l'alimentation de ces moteurs par le gaz Dowson à la station centrale des tramways de Zurich, par E. Meyer *(fin)*.

Calculs d'établissement des régulateurs centrifuges, par M. Tolle. *(suite)*.

Répartition des efforts dans les travées à poutres pleines, par R. Land.

Groupe de Thuringe. — Matières à polir.

Bibliographie. — Annuaire d'électro-chimie, par W. Nerst et W. Borchers. — Répartition des lampes dans les installations d'éclairage électrique, par J. Herzog et Ch. F. Feldmann.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LA CHRONIQUE

DE 1895

Acétylène (L') et son application dans l'industrie. Mai, I, 732; — (L'). Septembre, II, 311.

Acide (Explosion d'un récipient d') carbonique. Novembre, II, 537.

Air (Résistance de l') à la marche des trains de chemins de fer. Avril, I, 622; — (Machines à) chaud et à vapeur de Field. Octobre, II, 393.

Altels (Catastrophe de l'). Septembre, II, 309.

Aluminium (Emploi de l') dans les constructions navales. Avril, I, 628.

Appareil pour refroidir les eaux de condensation. Juin, I, 912.

Aspiration (Tirage par). Décembre, II, 628.

Bateaux (Propulsion des) sur les canaux. Décembre, II, 623.

Bois (Un procédé de conservation des). Avril, I, 630.

Brésil (Les écartements de voies de chemins de fer au). Mars, I, 482.

Canaux (Propulsion des bateaux sur les). Décembre, II, 623.

Catastrophe de l'Altels. Septembre, II, 309.

Charbon (Combustion spontanée du). Février, I, 317.

Chaudières (Une explosion de). Juillet, II, 122; Novembre, II, 534; — (Emploi du tirage mécanique pour les). Août, II, 223.

Chauffe (Ventilation des chambres de). Novembre, II, 540.

Chemins de fer (Les débuts des) à voyageurs. Janvier, I, 157; — (Les écartements de voies de) au Brésil. Mars, I, 482; — (Résistance de l'air à la marche des trains de). Avril, I, 622; — (Origine du transport des voyageurs sur les). Août, II, 219; — (Vitesses réalisées sur les). Août, II, 226.

Clapets (Les) de pompes. Janvier, I, 162.

Combustion spontanée du charbon. Février, I, 317.

Condensation (Appareils pour refroidir les eaux de). Juin, I, 912.

Congo (L'État indépendant du). Mars, I, 480.

Conservation (Un procédé de) des bois. Avril, I, 630.

Consommation d'eau des grandes villes. Février, I. 317.

Construction (Emploi de l'aluminium dans la) navale. Avril, I, 628; — (Un mode de) des volants. Octobre, II, 396.

Danube (Travaux de dragage du bas-). Avril, I, 626.

Dasymètre (Le). Août, II, 223.

Débuts des chemins de fer à voyageurs. Janvier, I, 157.

Dragage (Travaux de) du bas-Danube. Avril, I, 626.

Eau (Consommation d') des grandes villes. Février, I, 317; — (Appareil pour refroidir l') de condensation. Juin, I, 912; — (Emploi des moteurs à gaz et à pétrole pour les élévations d'), Juillet, II, 112.

Écartements (Les) de voies de chemin de fer au Brésil. Mars, I, 482.

Élévation (Emploi des moteurs à gaz et à pétrole pour l') des eaux. Juillet, II, 112.

Emploi de l'aluminium dans la construction navale. Avril, I, 628; — des moteurs à gaz et à pétrole pour les élévations d'eau. Juillet, II, 112; — de tirage mécanique pour les chaudières à vapeur. Août, II, 223.

Essais (Résultats d') d'une machine à vapeur. Septembre, II, 308; — (Un) de pompe à incendie. Décembre, II, 635.

État (L') indépendant du Congo. Mars, I, 480.

Expériences sur le rendement organique des machines à vapeur. Juin, I, 909.

Explosion d'un récipient à gaz comprimé. Avril, I, 629; — (Une) de chaudières. Juillet, II, 122; Novembre, II, 534; — d'un récipient d'acide carbonique. Novembre, II, 537.

Exposition nationale et industrielle au Japon. Décembre, II, 630.

Ferris (La grande roue) de Londres. Août, II, 221.

Fil (Un) téléphonique. Septembre, II, 312.

Fluviale (La navigation) en Russie. Janvier, I, 167.

Force (La) du vent. Janvier, I, 167.

Forme de moindre résistance. Juillet, II, 118; Novembre, II, 539.

Fumée (Prévention de la). Octobre, II, 400.

Gaz (Explosion d'un récipient à) comprimé. Avril, I, 629; — (Emploi des moteurs à) et à pétrole pour les élévations d'eau. Juillet, II, 112; — (Moteurs à) pour tramways. Septembre, II, 304; Octobre, II, 397.

Heyst (Le port de vitesse de). Décembre, II, 632.

Hudson (Pont projeté sur l'). Juin, I, 913.

Incendie (Un essai de pompe à). Décembre, II, 635.

Industrie (L'acétylène et son application dans l'). Mai, I. 732.

Industrielle (Exposition nationale et) au Japon. Décembre, II, 630.

Institution (L') of Civil Engineers. Avril, I, 626; Mai, I, 736; — (L') of Mechanical Engineers. Novembre, II, 543.

Japon (Exposition nationale et industrielle au). Décembre, II, 630.

Londres (Le port de). Février, I, 316; — (La grande roue Ferris à). Août, II, 221.

Machine (Une réparation de) à vapeur. Janvier, I, 166; — à vapeur à forte surchauffe, système Schmidt. Février, I, 307; Mars, I, 474; — (Expériences sur le rendement organique des) à vapeur. Juin, I, 909; — (Résultats d'essais d'une) à vapeur. Septembre, II, 308; — à vapeur et à air chaud de Field. Octobre, II, 393.

Mode (Un) de construction des volants. Octobre, II, 396.

Monde (Le plus grand navire à voiles du). Juin, I, 915.

Moteurs (Emploi des) à gaz et à pétrole pour les élévations d'eau. Juillet, II, 112; — à gaz pour tramways. Septembre, II, 304; Octobre, II, 397.

Navale (Emploi de l'aluminium dans la construction). Août, I, 628.

Navigation fluviale en Russie. Janvier, I, 167; — (La) transatlantique. Juillet, II, 119.

Navire (Le plus grand) à voiles du monde. Juin, I, 915.

Origine du transport des voyageurs sur les chemins de fer. Août, II, 219.

Pétrole (Emploi des moteurs à gaz et à) pour les élévations d'eau. Juillet, II, 112.

Pompes (Les clapets de). Janvier, I, 162; — (Un essai de) à incendie. Décembre, II, 635.

Ponts (Rupture des) métalliques. Février, I, 312; Mars, I, 477; — projeté sur l'Hudson. Juin. I, 913.

Port (Le) de Londres. Février, I, 316; — (Le) de vitesse de Heyst. Décembre, II, 632.

Prévention de la fumée. Octobre, II, 400.

Procédé (Un) de conservation des bois. Avril, I, 630.

Propulsion des bateaux sur les canaux. Décembre, II, 623.

Récipient (Explosion d'un) à gaz comprimé, Avril, I, 629; — (Explosion d'un) d'acide carbonique. Novembre, II, 537.

Rendement (Expériences sur le) organique des machines à vapeur. Juin, I, 909.

Réparation (Une) de machine à vapeur. Janvier, I, 166.

Résistance de l'air à la marche des trains de chemins de fer. Avril, I. 622; — (Forme de moindre). Juillet, II, 118; Novembre, II, 539.

Résultats d'essais d'une machine à vapeur. Septembre, II, 308.

Roue (La grande) Ferris de Londres. Août, II, 221.

Routes (Ce que coûtent les mauvaises). Mai, I, 730.

Rupture des ponts métalliques. Février, I, 312; Mars, I, 477.

Russie (La navigation fluviale en). Janvier, I, 167.

Soho (L'usine de). Mars, I, 485; Juin, I, 914.

Surchauffe (Machine à vapeur à forte), système Schmidt. Février, I, 307; Mars, I, 474; — (La) de la vapeur, Mai, I, 734.

Téléphonique (Un fil). Septembre, II, 312.

Tirage (Emploi du) mécanique pour les chaudières à vapeur. Août, II, 223; — par aspiration. Décembre, II, 628.

Trains (Résistance de l'air à la marche des) de chemins de fer. Avril, I, 622.

Tramways (Moteurs à gaz pour). Septembre, II, 304; Octobre, II, 397.

Transatlantique (La navigation). Juillet, II, 119.

Transport (Origine du transport des voyageurs sur les chemins de fer). Août, II, 219.

Travaux de dragage du Bas-Danube. Avril, I, 626.

Tweddell (R. H.). Octobre, II, 400.

Usine (L') de Soho. Mars, I, 483; Juin, I, 914.

Vapeur (Une réparation de machine à). Janvier, I, 166; — (Machine à) à forte surchauffe, système Schmidt. Février, I, 307; Mars, I, 474; — (La surchauffe de la). Mars, I, 734; — (Expériences sur le rendement organique des machines à). Juin, I, 909; — (Résultats d'essais d'une machine à). Septembre, II, 308; (Machine à) et à air chaud de Field. Octobre, II, 393.

Vent (La force du). Janvier, I, 167.

Ventilation des chambres de chauffe. Novembre, II, 540.

Villes (Consommation d'eau des grandes). Février, I, 317.

Vitesse réalisée sur les chemins de fer. Août, II, 226; — (Le port de) de Heyst. Décembre, II, 632.

Voie (Les écartements de) de chemins de fer au Brésil. Mars, I, 482.

Voiles (Le plus grand navire à) du monde. Juin, I, 915.

Volants (Un mode de construction des). Octobre, II, 396.

Voyageurs (Débuts des chemins de fer à). Janvier, I, 157; — (Origine du transport des) sur les chemins de fer. Août, II, 219.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1895

(Bulletins)

Pages

Abattoirs centraux à Taganrog (Russie) *(Projet de création d')*. Communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie des Postes et Télégraphes (séance du 22 novembre) 433

Acide carbonique liquide *(Note sur une explosion récente, à Paris, d'un récipient d')*, par M. S. Périssé, et observations de MM. L. Rey, J. Carimantrand, Bodin, Charton, Béliard, P. Regnard, et lettre de M. J. Gayda (séances des 19 juillet et 2 août). Mémoire . . . . . 22, 81 et 135

Adjudication prochaine de travaux publics à exécuter au Brésil et au Mexique. Communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie des Postes et Télégraphes (séance du 6 décembre) 563

Argent, le cuivre, le plomb et l'or *(Compte rendu de l'ouvrage de M. Schnabel sur l')*, traduction de M. L. Gautier, analyse par M. P. Jannettaz (séance du 6 décembre) 567

Ascenseurs et monte-charges employés dans les habitations, par M. L. Hubou et observations de MM. Samain, A. Lencauchez et Viennot (séance du 2 août) 139

Assemblée générale extraordinaire du 2 août 132

Bateau sous-marin « Le Goubet » *(Détails sur le)*, par M. A. de Dax et observations de M. Sarcia (séance du 22 novembre) 439

Bibliographie, par M. A. Mallet. 553

Bibliothèque et collections scientifiques de M. G. Loustau *(Vente de la)* (séance du 22 novembre) 433

Câbles et par courroies *(Étude comparative des transmissions de mouvement par)*, par M. V. Dubreuil, observations de M. D. Casalonga (séance du 5 juillet). Mémoire. . . . . 6 et 28

Cahiers des charges des adjudications et marchés publics. *(Nomination de MM. L. Appert et Delaunay-Belleville comme membres de la Commission extra-parlementaire chargée d'examiner les clauses et conditions des)* (séance du 18 octobre) 336

Chauffage de l'Opéra *(Commission instituée par M. le Ministre de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts pour le)* (séance du 8 novembre). . 420

Chemins de fer *(Application de l'Électricité à l'Exploitation des)*, par MM. G. Dumont et G. Baignères (séance du 8 novembre). Mémoire. 430 et 444

Chroniques nos 187 à 192. . . . . 112, 219, 304, 393, 534 et 623

Cinquantenaire de M. Ch. Bricogne à la Compagnie des Chemins de fer du Nord *(Lettre de M. G. du Bousquet au sujet du)* (séance du 8 novembre). 420

Comptes rendus. . . . . . 125, 228, 313, 403, 545 et 636

Concessions de gaz et d'électricité devant la juridiction administrative *(Les)*. Analyse de l'ouvrage de MM. Garnier et Dauvert, par M. Auguste Moreau (séance du 18 octobre). 339

Concours pour la nomination d'un chef d'atelier d'ajustage à l'École d'Arts et Métiers d'Angers et d'un chef d'atelier de fonderie à l'École d'Aix (séance du 5 juillet). 8

Concours ouvert par l'Association des Industriels de France, contre les accidents du travail, pour la création d'un appareil de cabinet d'aisances (séance du 2 août). 134

Congrès d'assainissement et de salubrité tenu à Paris *(Invitation d'assister au)* (séance du 5 juillet). 8

Congrès de l'Iron and Steel Institute, à Londres *(Invitation d'assister au)*. Nomination d'un délégué (séance du 5 juillet) 8

Congrès de chimie appliquée, tenu en Belgique en 1894 *(Compte rendu du 1er)*, par M. E. Derennes 76

Congrès divers organisés par la Société Philomathique de Bordeaux, à l'occasion de l'Exposition internationale de Bordeaux en 1895 (séance du 2 août). 134

Congrès des habitations à bon marché, à Bordeaux, en 1895, et **Compte rendu**, par M. H. Rémaury. Désignation d'un délégué (séances des 4 octobre et 8 novembre) . . . . . 330 et 424

Congrès de l'enseignement technique, commercial et industriel, à Bordeaux, en septembre 1895 et **Compte rendu**, par M. H. Rémaury (séances des 4 octobre et 8 novembre). . . . . 330 et 424

Congrès international de chimie appliquée, à Paris, en août 1896, organisé par l'Association française des chimistes de sucrerie et de distillerie. Désignation de délégués (séances des 4 octobre et 6 décembre) . . . . . 330 et 563

Congrès tenu à Bordeaux par l'Association française pour l'avancement des sciences en 1895 *(Compte rendu du)*, par M. P. Jannettaz. (Séance du 18 octobre). 341

Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Carthage *(Invitation d'assister au)* (séance du 8 novembre) 420

Courroies et par câbles *(Étude comparative des transmissions de mouvement par)*, par M. V. Dubreuil, observations de M. D. Casalonga (séance du 5 juillet). Mémoire . . . . . 6 et 28

Course des voitures automobiles de Paris-Bordeaux *(Compte rendu de la)*, par M. G. Collin et observations de MM. J. Fleury et R. Varennes (séance du 5 juillet). Mémoire . . . . . 8 et 282

Cuivre, le plomb, l'argent et l'or *(Compte rendu de l'ouvrage de M. Schnabel sur le)*, traduction de M. L. Gautier, analyse par M. P. Jannettaz (séance du 6 décembre) 567

Décès de MM. : E. Laigle, A. Marchegay, A. Robin, J.-L.-A. Noblot, A. Durenne, F.-H. Barré, J. Chennevière, A. Duseaux, P. Ferrand, G.-A. Finol, Tony de Fontenay, L. Goujon, J.-E. Jantot, Ch.-E. Lejeune, C. Piérart, Ch. Simons, R.-H. Tweddeell, E.-E. Hacquart, J. Barrau, O. Fauquet, A. Darlot, B.-F.-N. de Mans, G.-L.-L. Fournier, L. Pasteur, F. Dehaynin, Ch. Gibault, J.-E. Payet, G.-A. Cassagnes, Hermary, E. Baudet, E.-A. Boudier, B. Detraux, T. Elwell, J. Bonnaterre (séances des 5 et 19 juillet, 2 août, 4 et 18 octobre, 8 et 22 novembre et 6 décembre) . . . . . 6, 20, 134, 327, 335, 419, 432 et 562

Décorations françaises :

COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. Delaunay-Belleville.
OFFICIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. Ch. Gallois et F. Reymond.
OFFICIER D'ACADÉMIE : M. Ladret.
CHEVALIERS DU MÉRITE AGRICOLE : MM. A. Vivien, Egrot.

Décorations étrangères :

COMMANDEUR DE L'ÉTOILE DE ROUMANIE : M. E.-A. Lantrac.
OFFICIER id. id. : M. J.-B. Pradel.
CHEVALIER id. id. : M. L. Pluvier.
GRAND OFFICIER DU MEDJIDIÉ : M. G. du Bousquet.
COMMANDEUR — : MM. L. Courtier, A. Rodrigue.
COMMANDEUR DE L'ORDRE DE LA CONCEPTION DE LA VILLAVICIOSA : M. E.-H. Boyer.
COMMANDEUR DU LIBÉRATEUR DU VENEZUELA : M. E. Cacheux.
OFFICIER DU CAMBODGE : M. Bocquin.
(Séances des 19 juillet, 2 août, 4 et 18 octobre et 8 novembre). 20, 134 329, 335, et 419

Diplôme d'honneur et prix de 200 francs obtenus par MM. Lumereaux et Maginot, au concours de mécanique ouvert par la Société des sciences et arts de la Marne pour un nouveau type de moteur à vent (séance du 4 octobre). 329

Don volontaire de 50 francs fait par M. Schertzer (séance du 19 juillet) 21

Don fait à la Société d'une collection de 23 années du Bulletin de la Société, par M. A. Brocchi (séance du 19 juillet). 21

Don d'une machine à écrire « Dactyle », par M. de Rochefort-Luçay (séance du 6 décembre). 562

Eaux et immondices dans les nouveaux quartiers de la ville d'Amsterdam *(Note sur l'évacuation des)*, par M. J. de Koning. . . . 302

Éclairage électrique *(Les canalisations d')*. Compte rendu de l'ouvrage de MM. Hérard et Ch. Sirey, par M. P. Gassaud (séance du 18 octobre). 336

École centrale des Arts et Manufactures *(Nomination de M. P. Buquet comme directeur de l')* (séance du 4 octobre) 329

Égouts de la ville de Mexico *(Réfection des)*. Communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie des Postes et Télégraphes (séance du 22 novembre). 433

Élection des membres du Bureau et du Comité (séance du 6 décembre) 583

Électricité à l'organisation des services mécaniques à l'Exposition universelle de 1900 *(Application de l')*, par M. G. Dumont (séance du 19 juillet). Mémoire . . . . . 26 et 143

Électricité à l'exploitation des chemins de fer *(Application de l')*, par MM. G. Dumont et G. Baignères (séance du 8 novembre). Mémoire 430 et 444

Emprunt de la Société, par émission de 1 000 obligations de 500 francs, pour la construction d'un nouvel hôtel (Assemblée générale du 2 août et séances des 22 novembre et 6 décembre) 132, 434, et 563

Exposition internationale d'Amsterdam en 1895 *(Nomination de membres du Jury de la section française à l')* (séance du 5 juillet) . . . 6

Exposition de Bordeaux *(Nomination de membres du Jury à l')* (séance du 19 juillet) 21

Exposition universelle de 1900 *(Application de l'électricité à l'organisation des services mécaniques de l')*, par M. G. Dumont (séance du 19 juillet). Mémoire. . . . . 26 et 143

Exposition internationale de Bordeaux en 1895 *(Congrès divers organisés par la Société philomathique de Bordeaux)* (séance du 2 août). . 134

Exposition internationale de Bordeaux *(Grand prix à l')* décerné à la Société des Ingénieurs Civils de France (séance du 18 octobre). . . 335

Exposition internationale de Bordeaux *(Liste des Prix et Récompenses obtenues par des membres de la Société à l')* (séance du 22 novembre). 432

Exposition de Rouen en 1896 (séance du 22 novembre). 433

Frein électro-pneumatique de M. Chapsal, par M. G. Lesourd et lettre de M. Walter Strapp (séances des 22 novembre et 6 décembre). 434 et 561

Funérailles de M. L. Pasteur *(Notice au sujet du décès et des)*, par M. J. Charton (séance du 4 octobre) 328

Générateur Serpollet à la traction mécanique des tramways *(Application du)*, par M. G. Lesourd (séance du 5 juillet). Mémoire. 12 et 161

Hôtel *(Emprunt de la Société pour la construction d'un nouvel)*, (Assemblée générale du 2 août, 22 novembre et 6 décembre). . . . 132, 434 et 563

Jauge métrique en Amérique *(Lettre de M. Egleston au sujet de l'adoption d'une)* (séance du 5 juillet) 7

Machine et tender du train 56 de Granville, tombés le 22 octobre, de la gare Montparnasse sur la place de Rennes *(Relevage de la)*, par M. M. de Grièges (séance du 8 novembre). . . . 426

Machine à écrire « Dactyle » *(Don d'une)*, par M. de Rochefort-Luçay (séance du 6 décembre) 562

Membres nouvellement admis . . . . . 5, 131, 326, 418 et 560

Métallurgie du fer *(Manuel de M. A. Ledebur sur la)*, ouvrage traduit de l'allemand, par MM. Barbary de Langlade et F. Valton. Analyse par M. H. Rémaury (séance du 6 décembre) 563

Monographie de l'Exposition universelle de 1889 (2e partie), présentée par M. J. Charton (séance du 19 juillet) 21

Nominations :

De MM. E. Dardenne, E. Guyot-Sionnest, E.-V. Pierron, J. Prevet, A. Vautier, L. Hannoyer, comme membres du Jury de la section française à l'Exposition internationale d'Amsterdam en 1895 (séance du 5 juillet) 6

De M. Auguste Neveu, comme secrétaire archiviste de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale (séance du 19 juillet). 21

De membres du Jury à l'Exposition internationale de Bordeaux (voir la liste, séance du 19 juillet) . . . . . 21 et 27

De MM. J. Fleury, E. Pontzen, E. Cacheux, A. Suais, comme membres du Comité des Travaux publics des Colonies, pour l'année 1895-1896 (séance du 6 décembre). 562

De M. A. Ronna, comme membre de la Commission supérieure d'études pour les travaux de colonisation dans l'Afrique du Nord (séance du 6 décembre) 562

Notes techniques de nos correspondants et membres de province et de l'étranger. 302

Notice nécrologique sur M. J.-L.-A. Noblot et paroles prononcées à ses obsèques par M. A. de Dax. . . . . 110 et 111

Or, le plomb, le cuivre et l'argent *(Compte rendu de l'ouvrage de M. Schnabel sur l')*, traduction de M. L. Gautier, analyse par M. P. Jannettaz (séance du 6 décembre) 567

Ouvrages reçus . . . . . 2, 130, 322, 415 et 558

Piles métalliques à quatre arbalétriers (*Nouvelles méthodes de calcul des*), par M. L.-M. Langlois, et observations de MM. F. Chaudy, E. Monet, J. Durupt (séance du 6 décembre). Mémoire. . . . 243 et 569

Planches n° 142 à 155.

Pli cacheté déposé par M. A.-F.-X. Vaillant (séance du 22 novembre). 433

Plomb, le cuivre, l'argent et l'or *(Compte rendu de l'ouvrage de M. Schnabel sur le)*, traduction de M. L. Gautier, analyse par M. P. Jannettaz (séance du 6 décembre) 567

Pont sur le Mühlbach, près Mumpf *(Note sur les épreuves de charge jusqu'à rupture à faire avec l'ancien)*, par M. Paur (séance du 8 novembre) 421

Port de Santa-Fé *(Construction du)*. Communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (séance du 22 novembre) 433

Port en eau profonde à Taganrog (Russie) *(Construction d'un grand)*. Communiqué du ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (séance du 22 novembre). 433

Poutres à treillis reposant sur deux appuis *(Les)*, nouveaux procédés de détermination des efforts; nouvelle solution du problème des charges roulantes; généralisation à toutes les poutres et fermes, par M. E. Monet. 171

Prix et récompenses décernés par la Société d'encouragement à des membres de la Société (séance du 5 juillet) 7

Prix pour l'agrandissement et la transformation de l'hôtel du Figaro, décerné à M. E. Arnaud (séance du 8 novembre) 420

Prix de 200 francs et diplôme d'honneur obtenus par MM. Lumereaux et Maginot, au concours de mécanique ouvert par la Société des Sciences et Arts de la Marne pour un nouveau type de moteur à vent (séance du 4 octobre) 329

Prix *(Grand)* obtenu par la Société des Ingénieurs Civils de France à l'Exposition internationale de Bordeaux (séance du 18 octobre) 335

Prix et récompenses obtenus par des membres de la Société à l'Exposition internationale de Bordeaux *(Liste des)* (séance 22 novembre). 432

Rectification au Procès-Verbal du 19 juillet (séance du 2 août) 134

Situation financière de la Société *(Compte rendu de la)*, par M. H. Couriot, Trésorier (séance du 6 décembre) 575

Société industrielle d'Amiens (*Programme des questions mises au concours par la*) (séance du 6 décembre). 563

Terrains sablonneux aux charges verticales et à leur propre poids *(Résistance des)*. — Nouvelle théorie générale, par M. F. Chaudy. 607

Torpilleur de haute mer « Forban » *(Compte rendu des essais du)*, par M. G. Hart (séance du 18 octobre) 344

Trains express en France de 1854 à 1895 *(Accroissement de la vitesse des)*, par M. R. Varennes, et observations de M. de Fréminville (séances des 8 et 22 novembre). Mémoire . . . . . 428, 431 et 489

Tramways *(Application du générateur Serpollet à la traction mécanique des)*, par M. G. Lesourd (séance du 5 juillet). Mémoire . . . . . 12 et 161

Tramways *(Suite de la discussion sur la Traction mécanique des)*, par MM. A. Lencauchez, E. de Marchena, D.-A. Casalonga, L. Rey, G. Lesourd, et notes de MM. L. Francq, E. de Marchena, A. Lencauchez (séances des 5 juillet et 2 août) . . . . . 15 et 135

Tramways électriques à câbles souterrains *(Les)*, par M. A. Lavezzari (séance du 4 octobre). Mémoire . . . . . 332 et 363

Transmissions de mouvement par câbles et par courroies *(Etude comparative des)*, par M. V. Dubreuil, et observations de M. D. Casalonga (séance du 5 juillet). Mémoire . . . . . 6 et 28

Turbine de Laval *(Essais de consommation de vapeur sur la)*, par M. Ch. Compère (séance du 4 octobre). Mémoire . . . . . 330 et 351

Usine métallurgique à Taganrog (Russie) *(Création d'une)*. Communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (séance du 22 novembre) 433

Verre dans les applications industrielles de l'électricité *(Le)*, par M. E. Sartiaux (séance du 22 novembre). Mémoire, ... 438 et 516

Verre soufflé *(Emploi dans la construction des briques du)*, par M. Falconnier, et observations de M. Léon Appert (séance du 6 décembre). . . . 573

Voitures automobiles. Compte rendu de la course Paris-Bordeaux, par M. G. Collin, et observations de MM. J. Fleury et R. Varennes (séance du 5 juillet). Mémoire . . . . . 8 et 282

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1895.

Pages

Baignères (G.) et **Dumont** (G.). — Application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer (bulletin de novembre). 444

Chaudy (F.). — Résistance des terrains sablonneux aux charges verticales et à leur propre poids. — Nouvelle théorie générale (bulletin de décembre) 607

Collin (G.). — Voitures automobiles. — Compte rendu de la course Paris-Bordeaux (bulletin de septembre) 282

Compère (Ch.). — Essais de consommation de vapeur sur la turbine de Laval (bulletin d'octobre). 351

Derennes (E.). — Compte rendu du 1er Congrès de chimie appliquée, tenu en Belgique en 1894 (bulletin de juillet) 76

Dubreuil (V.). — Essais comparatifs du travail absorbé par les câbles et les courroies dans les transmissions de mouvement (bulletin de juillet). 28

Dumont (G.). — L'électricité à l'Exposition de 1900 (bulletin d'août). . 143

Dumont (G.) et **Baignères** (G.). — Application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer (bulletin de novembre) 444

De Koning (J.). — Note sur l'évacuation des eaux et immondices dans les nouveaux quartiers de la ville d'Amsterdam (Notes de nos Correspondants et Membres de province et de l'étranger (bulletin de septembre). 302

Langlois (L.-M.). — Nouvelles méthodes de calcul des piles métalliques à quatre arbalétriers (bulletin de septembre) 243

Lavezzari (A.). — Les tramways électriques à câbles souterrains (bulletin d'octobre). 363

Lesourd (G.). — Application du générateur Serpollet à la traction mécanique des tramways (bulletin d'août). 161

Lesourd (G.). — Nouveau rein électro-pneumatique de Chapsal (bulletin de décembre). 585

Mallet (**A.**). — Bibliographie (bulletin de novembre). 583

Mallet (**A.**). — Chroniques et Comptes Rendus, nos 187 à 192 (bulletins de juillet à décembre). 112 et 125, 219 et 228, 304 et 313, 393 et 403, 534 et 545, 623 et 636

Monet (**E.**). — Mémoire sur les poutres à treillis reposant sur deux appuis. Nouveaux procédés de détermination des efforts ; nouvelle solution du problème des charges roulantes; généralisation à toutes les poutres et fermes (bulletin d'août) 171

Périssé (**S.**). — Note sur une explosion récente, à Paris, d'un récipient d'acide carbonique liquide (bulletin de juillet). 81

Sartiaux (**E.**). — Emploi du verre dans les applications industrielles de l'électricité (bulletin de novembre) 516

Varennes (**R.**). — Accroissement de la vitesse des trains express en France de 1854 à 1895 (bulletin de novembre). 489

Le Secrétaire-Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 26240-12-95. - (Encre Lorilleux).

Fig.

serrage

desserrage

Fig. 7

Nouvelle dis

de se

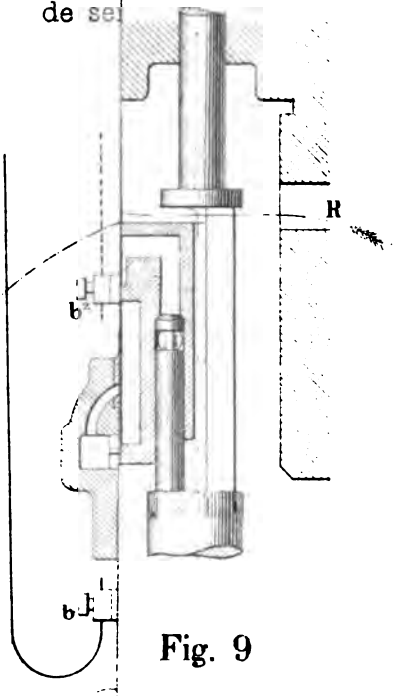
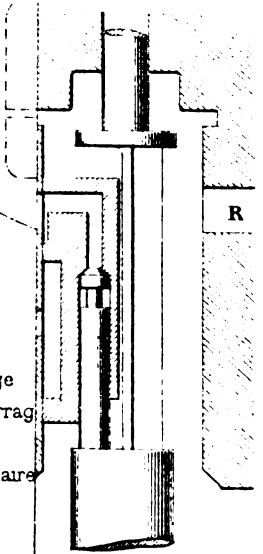


Fig. 9



LÉGENDE

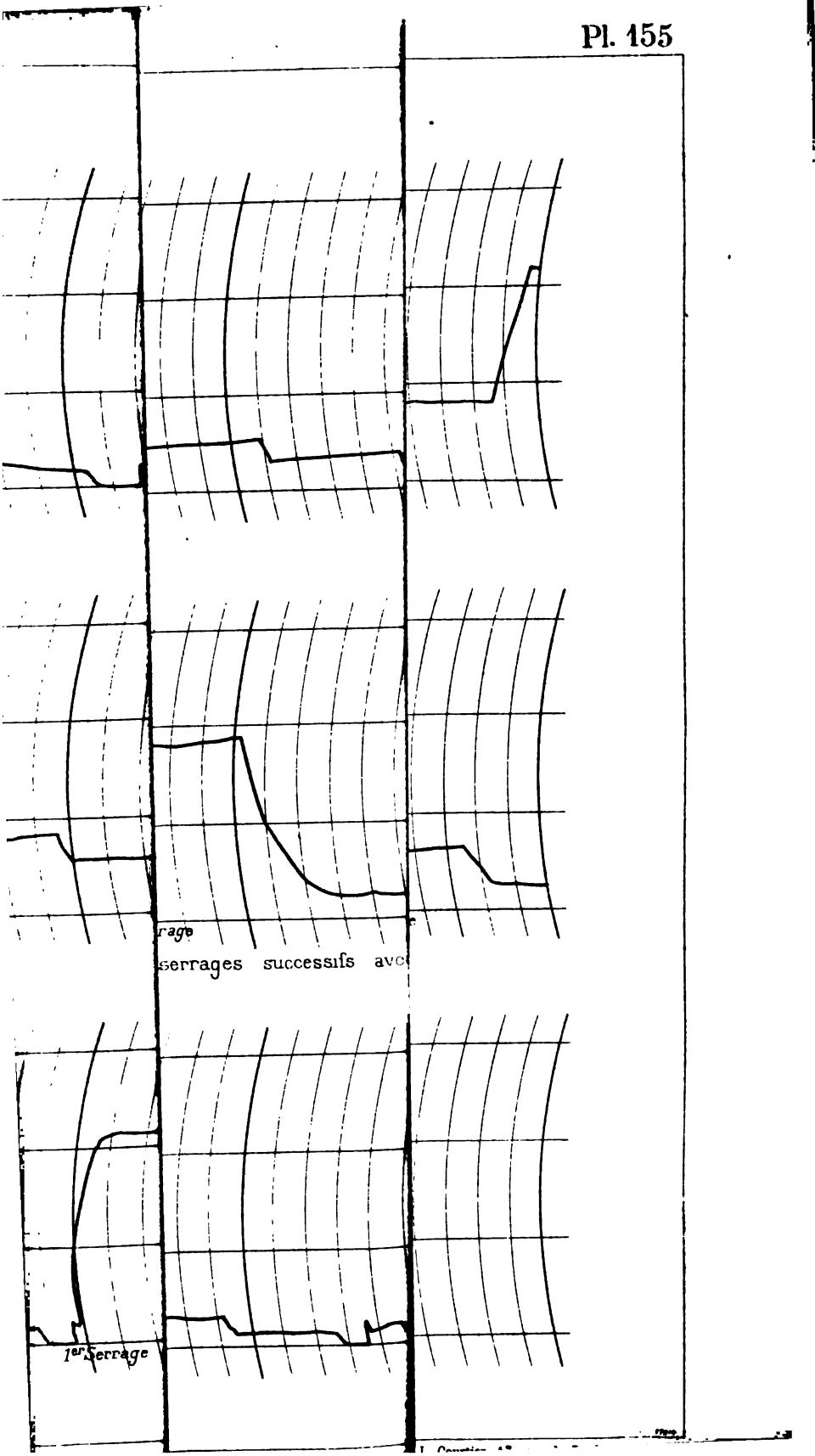
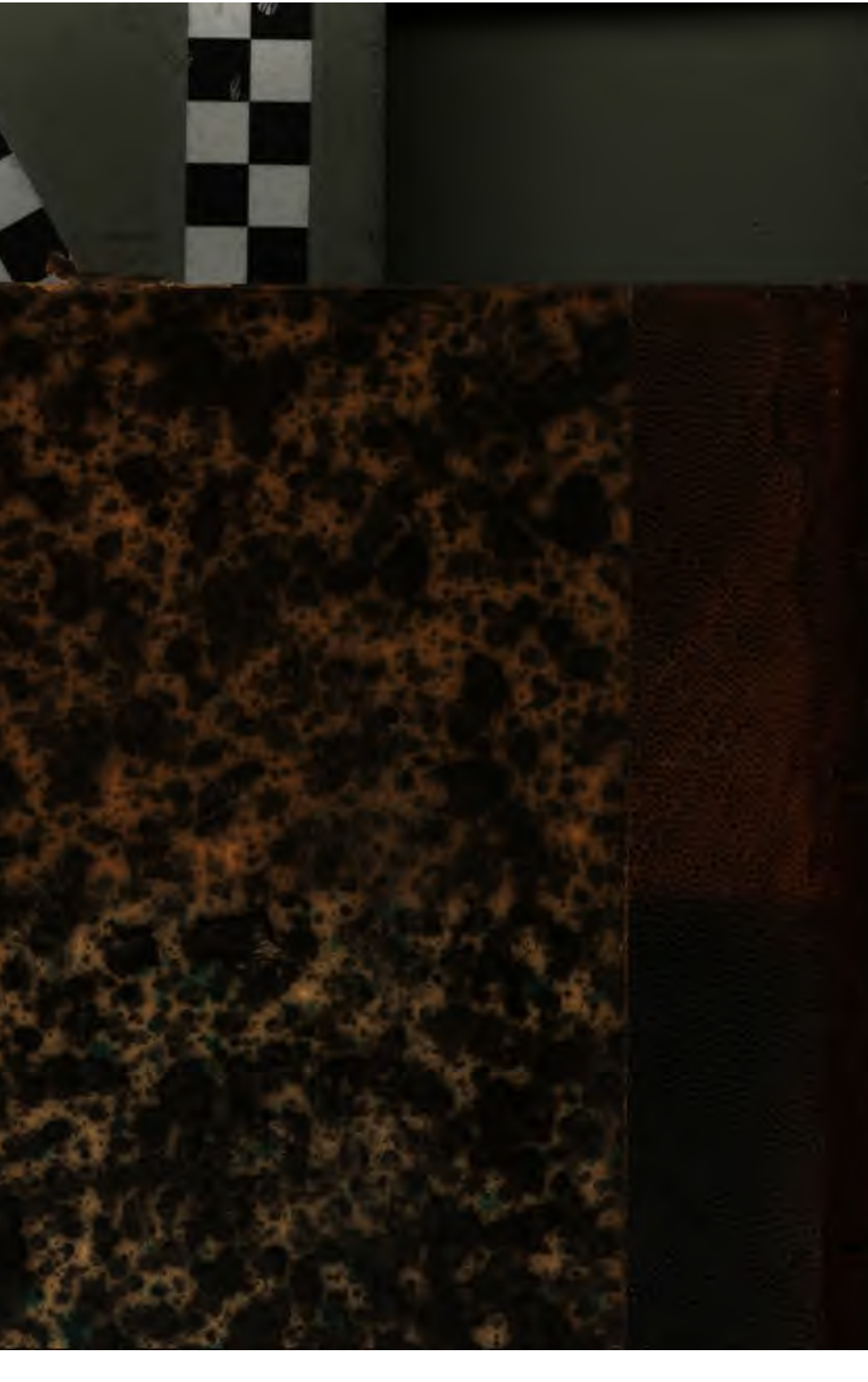
Valve de serrage

Valve de desserrag

Triple valve

Réservoir auxiliaire

o-Imp. L Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.


rage
serrages successifs avec
1er Serrage